

اصول

علم الهيئة

تأليف كرنيليوس ڤان ديك

ترجمة مجلس معارف ولاية سورية الجليلة

طُبع في بيروت سنة ١٨٧٤



اصول

علم الهيئة

تأليف كرنيليوس ڤان ديك

برخصة مجلس معارف ولايه سوريه الجليله

طُبع في بيروت سنة ١٨٧٤

احرف الابجديّة اليونانيّة

كثيرًا ما تُستعمَل هذه الاحرف للدلالة على كميات معروفة او مجهولة لاجل تسهيل العمل فاقتضى رسمها هنا لافادة من يحتاج اليها

ا =	α	alpha
ب	β	beta
ج	γ	gamma
ذ	δ	delta
أَ	ε	epsilon
ز	ζ	zeta
إِ	η	eta
ث	ϑ	theta
إِي	ι	iota
ك	$\varkappa$	kappa
ل	λ	lamda
م	μ	mu
ن =	ν	nu
	ξ	xi
أُ	o	omikron
پ	π	pi
ر	ρ	ro
س	σ	sigma
ت	τ	tau
إِ	υ	upsilon
ف	φ	phi
خ	χ	chi
پس	ψ	psi
أُو	ω	omega

لاجل الاختصار قد اعتمد على اوسام عبارةً عن اسماء بعض الاجرام السموية وحركاتها ومواقعها وهذه في الاوسام ومعانيها

☉ الشمس		☍	استقبال	
☾ القمر		☊	عقدة صاعدة	
☿ عطارد		☋	" نازلة	
♀ الزهرة		°	درجات ′ دقائق ″ ثواني قوس	
⊕ او ♁ الارض		س	ساعات د دقائق ث ثواني وقت	
♂ المرّيخ		♈	برج الحمل	°
①	النجيمات الى آخر عددها	♉	" الثور	٣٠
②		♊	" الجوزاء	٦٠
③		♋	السرطان	٩٠
الخ		♌	" الاسد	١٢٠
♃ المشتري		♍	" السنبلة	١٥٠
♄ زُحَل		♎	" الميزان	١٨٠
♅ اورانوس		♏	" العقرب	٢١٠
♆ نبتون		♐	" الرامي	٢٤٠
☌ اقتران		♑	" الجدي	٢٧٠
□ تربيع		♒	" الدلو	٣٠٠
		♓	" الحوتان	٣٣٠

فهرست

فهرست

فهرست

صحيفة

الفصل الحادي عشر

الفصل الثاني عشر

الجزء الثالث

الفصل الاول

الفصل الثاني

الفصل الثالث

الفصل الرابع

فهرست

صحيفة

الفصل الخامس

الفصل السادس

مضافات



مقدمة

(١) الاسترونومية لفظة يونانية معناها قوانين النجوم والعرب يعبرون عنها بعلم الهيئة وهو علمٌ موضوعهُ الاجرام السموية والارض باعتبار كونها من جملة تلك الاجرام بالنسبة الى سائرها وقد انقسم الى وصفي وطبيعي وعملي. اما الوصفي فهو ذكر ما يحدث في الاجرام المشار اليها من حركات ورُؤًى وغيرها مفردةً ومجملةً . واما الطبيعي فهو ما يُبحث بهِ عن علل تلك الحوادث وقواعدها. واما العملي فهو ما يُبحث بهِ عن كيفية التوصل الى معرفة القسمين الاولين بالآلات والحسابات

(٢) انَّ علم الهيئة هو من اقدم العلوم واعتنى بهِ منذ قديم الزمان الاشوريون والكلدانيون واهل فينيقيا ومصر والهند والصين وكان فيثاغوروس اليوناني معلم هذا الفن في مدرسة كروتونا في ايطاليا ق م ٥٠٠ ولم تُعتبَر تعاليمهُ مدَّة ٢٠٠٠ سنة الى ان احياها غاليليو وكوبرنيكوس في القرن الخامس عشر والسادس عشر. ومن اشهر مدارس هذا العلم عند القدماء مدرسة الاسكندرية التي انشأها الملوك البطليموسية وهناك آخترِعت اولاً آلاتٌ لقياس الزوايا ومن اشهر معلميها الفيلسوف هِپّرخوس ق م نحو ١٥٠ وبطليموس ق م نحو ١٤٠ أَلَّف كتاباً في هذا الفن سماهُ المجسطي وكان عليهِ الاعتماد الى القرن الخامس عشر والسادس عشر حين قام كوبرنيكوس من بروسيا سنة ١٥٢٠ وتيخو براهي في دينمارك سنة ١٥٨٣ وكِبْلَر في جرمانيا سنة ١٦٥٤ وغاليليو في ايطاليا سنة ١٦٤٩ فاظهروا بطالة الآراء القديمة ووضعوا هذا العلم على اساس حقيقي متين . اما غاليليو فهو اوَّل مَنْ استعمل النظارة في علم الهيئة وبها كشف عن حقائق كثيرة كانت مجهولة قبل عصرهِ ثم بقرب غرَّة القرن الثامن عشر كشف اسحق نيوتون عن قواعد الجاذبية العامة التي تخضع لها جميع حركات الاجرام السموية واوضح تلك القواعد وثبَّتها لاپلاس الفرنساوي

(٣) ان القدماء اعتبروا هذا الفن بالاكثر للزعم بان لهم منهُ دلالة على المستقبل من الامور البشرية وان للاجرام السموية تاثيراً في اجساد البشر وعقولهم ونصيبهم الدنياوي او لانها تدل على تلك الاشياء وكل ذلك باطل

(٤) لهذا العلم مزيَّةٌ على ما سواهُ من العلوم من جراء عظمة موضوعهِ وتدقيق فحصهِ وعمومية

فوائد ولكن تحصيلهُ عسر والزيادة على ما يُعلَم منهُ اعسر وهو لم يبلغ الى حالتهِ الحاضرة الّا بعد اتعاب جزيلة في قرون كثيرة

(٥) انهُ في شرح قواعد هذا العلم لا يمكن برهان كل قضية حالاً عند ذكرها كما في الهندسة فيلتزم المبتدئ ان ياخذ بعض الاشياء بالتسليم ثم بعد تقدمهِ قليلاً يقف على براهينها

(٦) نظام الهيئة الحقيقي هو نظام كوپرنيكوس واصولهُ هي

اولاً ان حركة الاجرام السموية الظاهرة اليومية من الشرق الى الغرب حاصلة من حركة الارض الحقيقية على محورها من الغرب الى الشرق يومياً

ثانيا ان الشمس انما هي مركزٌ تدور حولهُ الارض وجميع السيارات من الغرب الى الشرق خلافاً لزعم القدماء بثبوت الارض في الوسط ودوران الشمس والنجوم حولها

(٧) ان في هذا المؤلَّف نتكلم اولاً في الارض ونسبتها الى ماسواها من الاجرام السموية وثانياً في النظام الشمسي وثالثاً في النجوم الثوابت

٢



حُدُود

(١) الاجرام السموية * هي الشمس والقمر والنجوم وكل الاجرام النيّرة الواقعة في الفسحة المحيطة بالارض ان ظهرت للنظر المجرد او للنظر المستعين بالآلات البصرية

(٢) ظواهر الاجرام السموية * كل الاجرام السموية تتحرّك بالظاهر من الشرق الى الغرب اي تشرق وتغيب راسمةً اقواس دوائر بمرورها من الشرق الى الغرب فتصعد في نصفها الشرقي وتنحدر في نصفها الغربي وهذه الاقواس متوازية اكبرها ما يُرسَم فوق راس الناظر ومن تلك تتصاغر شمالاً وجنوبًا الى ان تتلاشى عند القطبين اذا كان الناظر على خط الاستواء . واذا كان الى شماليهِ يرى بعض النجوم الى جهة الشمال تدور في دوائر حول نجم لا يتحرّك سُمّي نجم القطب فالشمس والقمر وسائر الاجرام السموية تدور حول الارض بالظاهر مرّة في كل ٢٤ ساعة وهذا الدوران سُمّي الدوران اليومي او الحركة اليومية

(٣) سيّارات وثوابت * اكثر النجوم الظاهرة في المقعّر السماوي لا تتغيّر مواقعها بنسبة بعضها الى بعض فسُمّيت نجومًا ثوابت تمييزًا بينها وبين بعض الاجرام القليلة العدد التي تنتقل من موضع الى موضع فترَى تارةً بقرب هذا النجم او في تلك الصورة من الثوابت واخرى بقرب نجم آخر او في صورة اخرى فسُمّيت السيّارات . فاذا راقبنا الشمس والقمر والسيارات نرى لها حركة بين الثوابت من الغرب الى الشرق فتدور حول الشمس من الغرب الى الشرق في مدّات مختلفة بين ثلاثة اشهر و١٦٤ سنة

(٤) الكرة المصطنعة * اذا صُوّرت على كرة صورة قارّات الارض وممالكها وجزائرها وابحارها الخ بنسبة مواقع بعضها الى بعض فلنا كرة ارضية مصطنعة واذا صُوّرت على كرة مواقع الثوابت بنسبة بعضها الى بعض فلنا كرة سماوية مصطنعة

(٥) خط الاستواء * اذا انقسمت كرة الارض الى شطرين شطر شمالي وشطر جنوبي فالخط الفاصل بينهما دائرة عظيمة سُمّيت خط الاستواء لاستواء الليل والنهار عليهِ وكل دائرة تقسم الكرة الى شطرين متساويين هي دائرة عظيمة . واذا امتدّ سطح دائرة خط الاستواء الى المقعّر السماوي يُحدِث دائرة عظيمة تقسمهُ الى شطرين وتُسمّى تلك الدائرة خط الاعتدال او خط الاستواء السماوي

(٦) محور الارض * محور الارض هو الخط الذي تدور عليهِ دورانها اليومي

(٧) القطبان * هما نقطتا تقاطع المحور وسطح الكرة وسُمّيا قطبَي الارض وقطبَي خط الاستواء تمييزًا بينهما وبين قطبَي دائرة البروج. واذا أُخرج المحور الى جهتيهِ حتى يلاقي المقعَّر السماوي فالملتقيان القطبان السماويان وبقرب القطب السماوي الشمالي نجم سُمّي نجم القطب لدلالتهِ على موقع القطب الشمالي تقريبًا وبما ان ذلك النجم قريب من القطب لا نرى لهُ حركة يومية بالنظر المجرَّد ولكنهُ يدور في دائرة صغيرة مرَّة كل ٢٤ ساعة وتقاس حركتهُ بواسطة بعض آلات الرصد

(٨) دائرة البروج * هي الدائرة التي ترسمها الارض في دورانها السنوي حول الشمس وهي دائرة عظيمة سطحها مائل على سطح دائرة خط الاستواء ٢٣° ٢٧′ ٢١″ ٣٤‴ وهي مقسومة الى ١٢ قسمًا سُمّي كل قسم برجًا فكل برج ٣٠° ومن الابراج ستة واقعة الى شمالي خط الاستواء وهي الحمل والثور والجوزاء والسرطان والاسد والسنبلة . وستة الى جنوبيهِ وهي الميزان والعقرب والرامي والجدي والدلو والحوتين . اما الحمل والثور والجوزاء فسُمّيت البروج الربيعية لان الشمس تمرُّ بها في فصل الربيع اي بين ٢١ آذار و ٢١ حزيران واما السرطان والاسد والسنبلة فابراج الصيف لان الشمس تمرُّ بها بين ٢١ حزيران و ٢١ ايلول واما الميزان والعقرب والرامي فهي ابراج الخريف والشمس تمرُّ بها بين ٢١ ايلول و ٢١ كانون الاول واما الجدي والدلو والحوتان فهي ابراج الشتاء والشمس تمرُّ بها بين ٢١ كانون الاول و ٢١ آذار وهذه علامات الابراج

(١)	♈	الحمل	(٧)	♎	الميزان
(٢)	♉	الثور	(٨)	♏	العقرب
(٣)	♊	الجوزاء	(٩)	♐	الرامي
(٤)	♋	السرطان	(١٠)	♑	الجدي
(٥)	♌	الاسد	(١١)	♒	الدلو
(٦)	♍	السنبلة	(١٢)	♓	الحوت

(٩) الدوائر المتوازية * هي دوائر توازي خط الاستواء وبما انها تقسم الكرة الى قسمين غير متساويين سُمّيت دوائر صغيرة تمييزًا بينها وبين الدوائر العظام الماضي ذكرها واذا رُسمت على كرة ارضية سُمّيت دوائر العرض واذا رُسمت على كرة سماوية سُمّيت دوائر الميل وهي ان كانت على الارض او في المقعَّر السماوي تصغر كلما بعدت عن خط الاستواء شمالاً او جنوبًا حتى تتلاشى عند القطبين

(١٠) اقسام الدائرة * كل دائرة كبيرة كانت او صغيرة تُقسَم الى ٣٦٠° والدرجة ٦٠′ والدقيقة

٦٠" اما طول الدرجة فيختلف حسب اختلاف محيط دائرتها فالدرجة على خط الاستواء ٦٠ ميلاً ثم تصغر لكل عرض بين صفر و ٩٠° الى ان تتلاشى عند ٩٠° من العرض فاذا اردت معرفة الاميال في درجة لاي عرض فُرِض فقل نسبة

½ق : نظير جيب العرض :: ٦٠ : المطلوب (١)

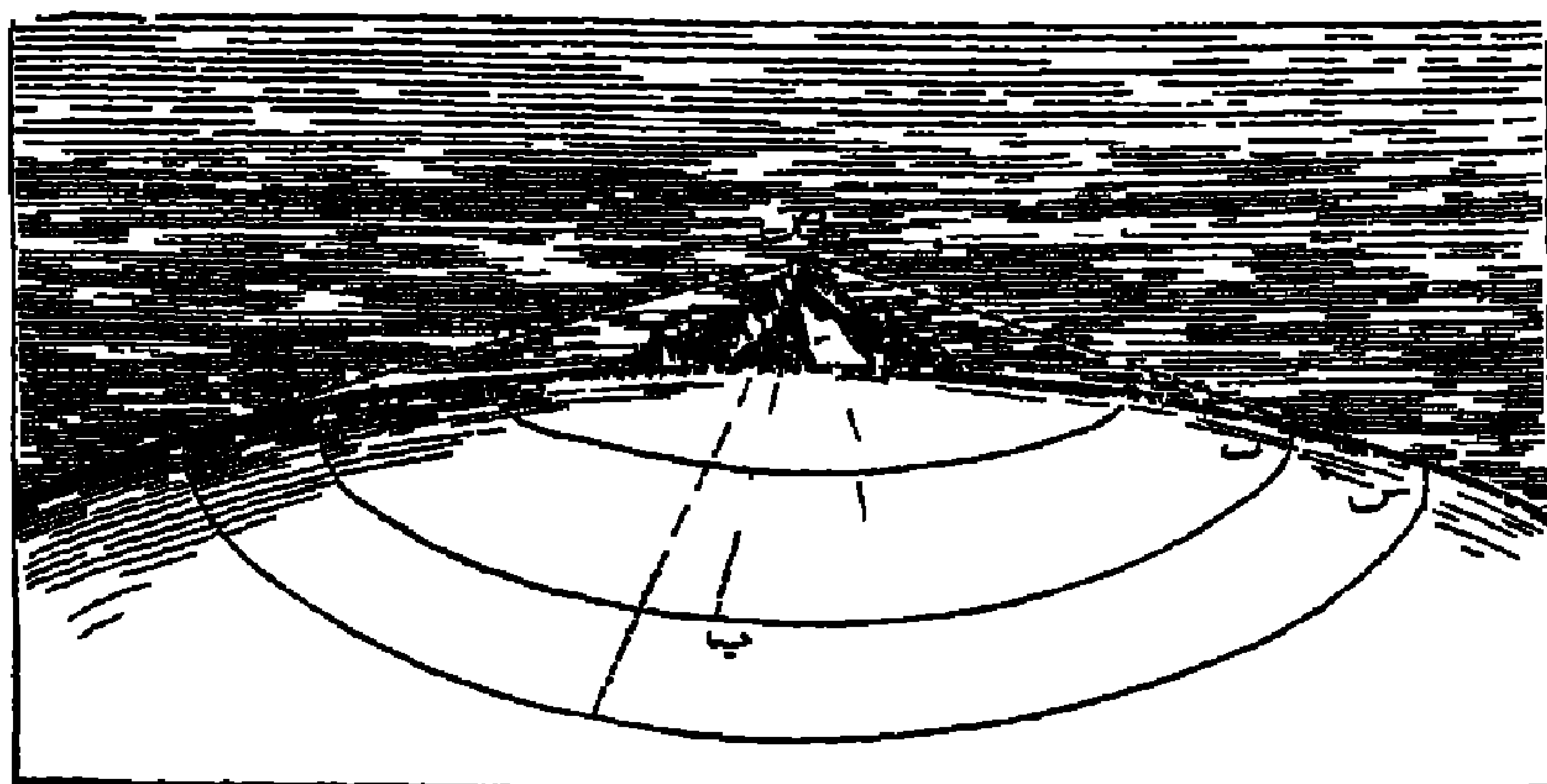
وذلك يتضح من هذا الرسم (شكل ١) ليكن اف محور الارض و يق خط الاستواء و زل دائرة من الدوائر المتوازية فيكون زي العرض وهي قياس الزاوية زس ي و يس = ½ق و زل نظير جيب زس ي و ½ق : زل :: ٦٠ : الاميال في درجة اذا كان العرض زي فلو قيل كم ميلاً في درجة عند عرض ٤٢° مثلاً لقيل نسبة

½ق	= ١٠‘٠٠٠٠٠٠٠
نج ٤٢°	= ٩‘٨٧١٠٧٣
نسب ٦٠	= ١‘٧٧٨١٥١
٤٤‘٥٩ ميلاً	= ١‘٦٤٩٢٢٤

(انظر الجدول العاشر من كتابي في التعاليم)

شكل ١

(١١) الافق* هو دائرة عظيمة تقسم الكرة والمقعَّر السماوي الى شطر اعلى وشطر اسفل باعتبار الناظر وسُمّي الافق الحقيقي تمييزًا بينهُ وبين الافق النظري الذي هو دائرة صغيرة قطرها بالنسبة الى



شكل ٢

ارتفاع الناظر عن سطح الارض كما يتضح من شكل ٢ ا افق ناظر على السهل و ب افق مَن ارتفع الى ت و س افق مَن ارتفع الى ص . اما الافق الحقيقي فسطحهُ يمرُّ بمركز الارض وقطبهُ الاعلى سُمّي سمت الراس او السمت وقطبهُ الاسفل سُمّي سمت القدم او نظير السمت ولكل نقطة على سطح الارض افق

حقيقي مختص بها وافق النقطة الواحدة ليس هو افق نقطة اخرى كما يتضح عند التأمل وفي الكرة المصطنعة يقوم الافق الخشبي مقام الافق الحقيقي

(١٢) المواجر * هي دوائر عظام عمودية على خط الاستواء تمرّ بالقطبين وهاجرة كل مكان هو خط نصف النهار لذلك المكان وسمّيت هواجر لان الشمس اذا لحقت بها تبتدئ بالانحدار آخذة بهجر الارض ذلك اليوم وسمّيت ايضاً دوائر سُوَيعية لانها تقيس الوقت وخطوط الطول لانها تفصل من خط الاستواء ما يعدل طول المكان والهاجرة الاولى هي التي منها يُحسَب الطول شرقاً ١٨٠° وكذا غرباً

(١٣) منطقة الابراج * هي منطقة تمتدّ ٨° على جانبي دائرة الابراج فعرضها ١٦° وهي التي تسير فيها السيارات

(١٤) خط السرطان وخط الجدي والدائرة الشمالية والجنوبية * قد تقدم ان الافق الحقيقي يقطع الكرة والمقعر السماوي الى نصف اعلى ونصف اسفل باعتبار الناظر فافق ناظر مقامه على خط الاستواء يمر بالقطبين واذا تقدم درجة واحدة نحو الشمال ينخفض افقه درجة تحت القطب الشمالي ويقتصر درجة عن الجنوبي وبالعكس لو تقدم درجة نحو الجنوب فيقال ان القطب يرتفع بما يعدل عرض الناظر والقطب الآخر ينخفض بما يعدل ارتفاع المرتفع ولو تقدم الناظر عن خط الاستواء ٩٠° لكان القطب فوق راسه وافقه يمرّ بخط الاستواء وقد تقدم ان دائرة البروج مائلة على خط الاستواء ٢٣° ٢٨´ تقريباً فاذا رُسِمت دائرة توازي خط الاستواء مارّة بتلك النقطة من دائرة البروج التي هي ٢٣° ٢٨´ عن خط الاستواء شمالاً تحدث دائرة سُمّيت خط السرطان او جنوباً فدائرة سُمّيت خط الجدي فالناظر القائم على خط السرطان يمرّ افقه تحت القطب الشمالي ٢٣° ٢٨´ فاذا رُسمت دائرة بينها وبين القطب الشمالي ٢٣° ٢٨´ فهي الدائرة الشمالية واخرى بينها وبين القطب الجنوبي ٢٣° ٢٨´ فهي الدائرة الجنوبية فتحدث من هذه الخطوط المناطق الخمس كما علمت من علم الجغرافية ونقطة مماسة دائرة البروج وخط السرطان سُمّي المدار الصيفي ونقطة مماسة دائرة البروج وخط الجدي سُمّيت المدار الشتوي

(١٥) الدوائر المتسامتة * هي المارّة بسمت الراس عمودية على الافق فكلها عظيمة والتي تمرّ بنقطة الافق الشرقية والغربية هي المتسامتة الاولى والتي تمرّ بنقطتي تقاطع دائرة البروج وخط الاستواء سميت المتسامتة الاعتدالية والتي تمرّ بالمدارين سميت المتسامتة المدارية

(١٦) الاعتدالان * هما الربيعي اي اوّل برج الحمل عند تقاطع دائرة البروج وخط الاستواء وهو موقع الشمس في ٢١ آذار عند استواء الليل والنهار في الربيع والخريفي ١٨٠° عن الربيعي عند

نقاطع دائرة البروج وخط الاستواء في اول برج الميزان وهو موقع الشمس في ٢١ ايلول عند استواء الليل والنهار في الخريف

(١٧) المداران * قد تقدم انها ابعد دائرة البروج عن خط الاستواء وقد سمي شماليها مدار السرطان وجنوبيها مدار الجدي وانما سميا المدارين لان الشمس اذا اخنتهما تقف قليلاً بالظاهر ثم كأنها تدور فترجع الى الجهة المقابلة شيئًا فشيئًا كل يوم فبين المدار والمدار ١٨٠° من القوس وستة اشهر من الوقت

(١٨) الرؤية الدولابية او الكرة العمودية * لناظر مقامة على خط الاستواء تكون الاقواس التي ترسمها الاجرام السموية بحركتها اليومية عمودية على الافق ابدًا فانها تصعد من الافق عمودية الى الهاجرة وتنحدر من الهاجرة عمودية الى الافق وسميت هذه الرؤية رؤية دولابية لمشابهتها بحركة دولاب عمودي على سطح الارض

(١٩) الرؤية الرحوية او الكرة المتوازية * اذا كان مقامُ ناظرِ القطبَ يرى الاجرام السماوية ترسم دوائر توازي الافق وهذه الدوائر تصغر شيئًا فشيئًا من الافق الى سمت الراس والجرم الواقع في سمت الراس لا يتحرك وسميت رؤية رحوية لمشابهتها بحركة حجر الرحى. واذا كان مقام الناظر القطب الشمالي لا يرى النجوم التي هي الى جنوبي خط الاستواء والتي الى شماليهِ لا تغيب عنهُ مطلقًا وبالعكس اذا كان مقامهُ القطب الجنوبي وبما ان الشمس هي الى شمالي خط الاستواء نصف السنة والى جنوبيهِ النصف الآخر فالناظر من القطب يراها دائمًا نصف سنة ولا يراها مطلقًا نصف سنة فنهارهُ ستة اشهر وليلة كذلك غير ان الظلام لا يكون تامًا ستة اشهر وذلك بسبب الانكسار كما سياتي في محلهِ الكرة الرحوية التامة لا تُرى الاَّ عند القطب ولم يبلغ احدٌ اليهِ غير ان بعض السفن المرسلة للاكتشاف في الجهات الشمالية بلغت الى ما ينوف عن ٨٠° من العرض الشمالي

(٢٠) الرؤية الحمّالية او الكرة المتواربة * لناظر مقامة بين خط الاستواء والقطب تكون الاقواس المرسومة بحركة الاجرام السماوية اليومية لا عمودية على الافق ولا متوازية لهُ بل مائلة عليهِ اكثر او اقل حسب بعد الناظر عن خط الاستواء وسُمِّيت هذه الرؤية حمالية تشبيهًا بحمالة السيف وارتفاع القطب يعدل عرض المكان ابدًا

(٢١) الصعود المستقيم * هو الزاوية الحادثة عند جرم سماوي بين خطين مرسومَين منهُ احدهما الى الاعتدال الربيعي والآخر عمودًا على خط الاستواء فالقوس من خط الاستواء الواقعة بين الاعتدال الربيعي والخط العمودي من الجرم عليهِ هي قياس الصعود المستقيم ويُحسَب ساعات ودقائق وثواني . وبما ان الارض تدور على محورها دورة كاملة ٣٦٠° في كل ٢٤ ساعة فتدور ١٥° في

كل ساعة لان ٣٦٠ ÷ ٢٤ = ١٥ اي ١س = ١٥° و١د = ١٥' و١ث = ١٥". فيحوَّل صعود مستقيم الى ° ' " بضربهِ في ١٥ وتبديل العلامات س د ث بالعلامات ° ' " فلو قيل حوّل ١٠س ١٢د ٣٠ث الى ° ' " من القوس لقيل ١٠س × ١٥ = ١٥٠°

١٢د × ١٥ = ١٨٠' = ٣°

٣٠ث × ١٥ = ٤٥٠" = ٧' ٣٠"

الجواب ١٥٣° ٧' ٣٠"

ويُعكس العمل اي نحوّل ° ' " الى س د ث بالقسمة على ١٥ وإبدال العلامات ° ' " بالعلامات س د ث وإذا فضل شيءٌ بعد القسمة يُضرَب في ٤ فيحوّل ° الى د و' الى ث لان ١° = ٤د و١' = ٤ث فلو قيل حوّل ١٥٣° ٧' ٣٠" من القوس الى وقت لقيل

١٥٣° ÷ ١٥ = ١٠س

٣° × ٤ = ١٢د

٧' × ٤ = ٢٨ث

٣٠' ÷ ١٥ = ٢ث

الجواب ١٠س ١٢د ٣٠ث

ولاجل تسهيل العمل قد وضعت الجدول الاول لتحويل ° ' " الى وقت والثاني لتحويل س د ث الى قوس

(٣٢) المَيل* هو بعد جرم عن خط الاستواء شمالاً او جنوبًا وقياسهُ القوس من الهاجرة المارَّة بهِ الواقعة بينهُ وبين خط الاستواء وما كان على خط الاستواء فلا ميل لهُ فالشمس اذا دخلت برج الحمل او برج الميزان فلا ميل لها وإذا دخلت برج السرطان او برج الجدي فهي على معظم ميلها اي ٢٣° ٢٨' تقريبًا اما معظم ميل السيارات فتوقف على ميل دوائرها على دائرة البروج . اما ميل الثوابت فيختلف من صفر الى ٩٠ وميل النجم الثابت لا يتغير خلاف الشمس والقمر والسيارات

(٣٣) البعد القطبي* هو متمّ الميل ابدًا. فاذا تعيّن صعود جرم المستقيم وميلهُ تعيّن موضعهُ في المقعَّز السماوي

(٣٤) الطول* على الكرة السماوية هو عبارة عن بعد جرم عن الاعتدال الربيعي مقاسًا على دائرة البروج

(٣٥) العرض* العرض السماوي هو بعد جرم عن دائرة البروج شمالاً او جنوبًا مقاسًا على دائرة عمودية على دائرة البروج فاذا عُرِف الصعود المستقيم والميل يُستعلَم الطول والعرض وإذا

عُرِف الطول والعرض يُستعلَم الصعود المستقيم والميل فيتعيَّن موقع جرم من طوله وعرضه كما يتعيَّن من صعوده المستقيم وميله . اما الطول الشمسي والعرض الشمسي فهما الطول والعرض لو نظر الى جرم من مركز الشمس . والصعود المستقيم عند العرب هو المطلع والميل هو البُعد عندهم

(٢٦) ارتفاع جرم * هو علو مركزهِ فوق الافق مقاساً على دائرة متسامتة

(٢٧) البعد السمتي * هو متمّ الارتفاع ابداً

(٢٨) السموت * هو القوس من الافق الواقعة بين متسامتة مارّة بالجرم واقرب القطبين

(٢٩) المقنطرات * هي دوائر صغيرة توازي الافق وتتلاشى عند سمت الراس

(٣٠) سعة جرم * هي القوس من الافق الواقعة بين متسامتة مارة بالجرم والنقطة الشرقية عند شروقهِ والنقطة الغربية عند غروبهِ

(٣١) زاوية الوضع * هي الزاوية الحادثة بين الهاجرة وخط موصل بين جرمَين

(٣٢) فَلَك جرم * هو الطريقة التي يسلكها في السماء ففلك سيار هو طريقته حول الشمس وفلك قمر هو طريقته حول الجرم الذي هو تابعهُ

(٣٣) العقدة * هي نقطة تقاطع فلكٍ ودائرة البروج فاذا كان الجرم متقدماً من الجنوب نحو الشمال فنقطة تقاطع فلكهِ ودائرة البروج هي عقدته الصاعدة واذا كان متقدماً من الشمال نحو الجنوب فنقطة تقاطع فلكهِ ودائرة البروج هي العقدة النازلة وبينهما ١٨٠°

(٣٤) نقطة الراس * هي اقرب نقطة من فلكٍ الى الشمس

(٣٥) نقطة الذنب * هي ابعد نقطة من فلكٍ عن الشمس

(٣٦) الاقتران * اذا كان جرمان في جهة واحدة من السماء اي كانا على طول واحد فهما في الاقتران

(٣٧) الاستقبال * اذا كان جرمان في جهتين متقابلتين من السماء اي كان بينهما من الطول ١٨٠° فهما في الاستقبال

(٣٨) التربيع * اذا كان بينهما ٩٠° طولاً فهما في التربيع

(٣٩) تباين سيار * هو الزاوية الحادثة عند مركز الارض بين خطين احدهما مرسوم الى مركز السيار والآخر الى مركز الشمس

(٤٠) الصعود المتوارب * هو القوس من خط الاستواء الواقعة بين الاعتدال الربيعي وتلك النقطة من خط الاستواء التي تشرق مع الجرم المفروض . وفضلة الصعود المستقيم والصعود المتوارب سُمّيت فضلة الصعودين او فضلة المطلعين

(٤١) منطقة الظهور الدائم * هي تلك المنطقة حول القطب المرتفع التي لا تغيب نجومها عن الناظر و١/٢ قطرها = عرض المكان ابدًا وعكسها منطقة الاختفاء الدائم . والنجوم التي لا تغيب سمّاها العرب الخُنَّس مثل الفرقدين وبنات نعش والقطب وغيرها

(٤٢) النظام الشمسي* هو النظام المؤلّف من الشمس والاجرام التابعة لها وهو ينقسم الى اربعة اقسام

(١) الجرم المركزي الثابت بالنسبة الى توابعهِ اكبر منها جميعها نورهُ ذاتي وهو شمسنا

(٢) مئة تابع و٤١ تابعًا على مسافات متزايدة من الشمس تدور حولها في افلاك لا تختلف كثيرًا عن دوائر وتستمد نورها من الشمس وبهِ تظهر لنا وهي تنقسم الى ثلاث رتب

الرتبة الاولى السيارات الصغار وهي الاقرب الى الشمس واسماؤُها عطارد والزهرة والارض والمرّيخ

الرتبة الثانية السيارات الكبار وهي الابعد عن الشمس واسماؤُها المشتري وزُحَل واورانوس ونبتون

الرتبة الثالثة هي النُجَيمات وهي سيارات صغار موقع افلاكها بين فلك المرّيخ وفلك المشتري وتفصل بين الرتبة الاولى والثانية وقد انكشف منها الى الآن ٢٢١ نُجيمًا

(٣) ثمانية عشر تابعًا للتوابع اي اقمار تابعة السيارات المذكورة للارض واحد وللمشتري اربعة ولزُحَل ثمانية ولاورانوس اربعة ولنبتون واحد فالتوابع وتوابع التوابع تدور حول الشمس من الغرب نحو الشرق وعلى محاورها من الغرب نحو الشرق وافلاكها مختلفة الميل على فلك الارض اي على دائرة البروج

(٤) نسعة نجوم مذنَّبة تدور حول الشمس في افلاك متطاولة جدًّا

وقد عُرِف نحو ٣٠٠ مذنب بعضها دارت حول الشمس في افلاكها الزائدة الاستطالة في مدّات طويلة حتى لم يتحقّق رجوعها ثانيةً بالفعل غير ان مدّات بعضها محسوبة وبعضها تدور في افلاك هذلولية الشكل فلا تعود الى طريقتها الاولى مطلقًا

ومن الاشياء التابعة النظام الشمسي النور البرجي وحلقات النيازك او الشهب

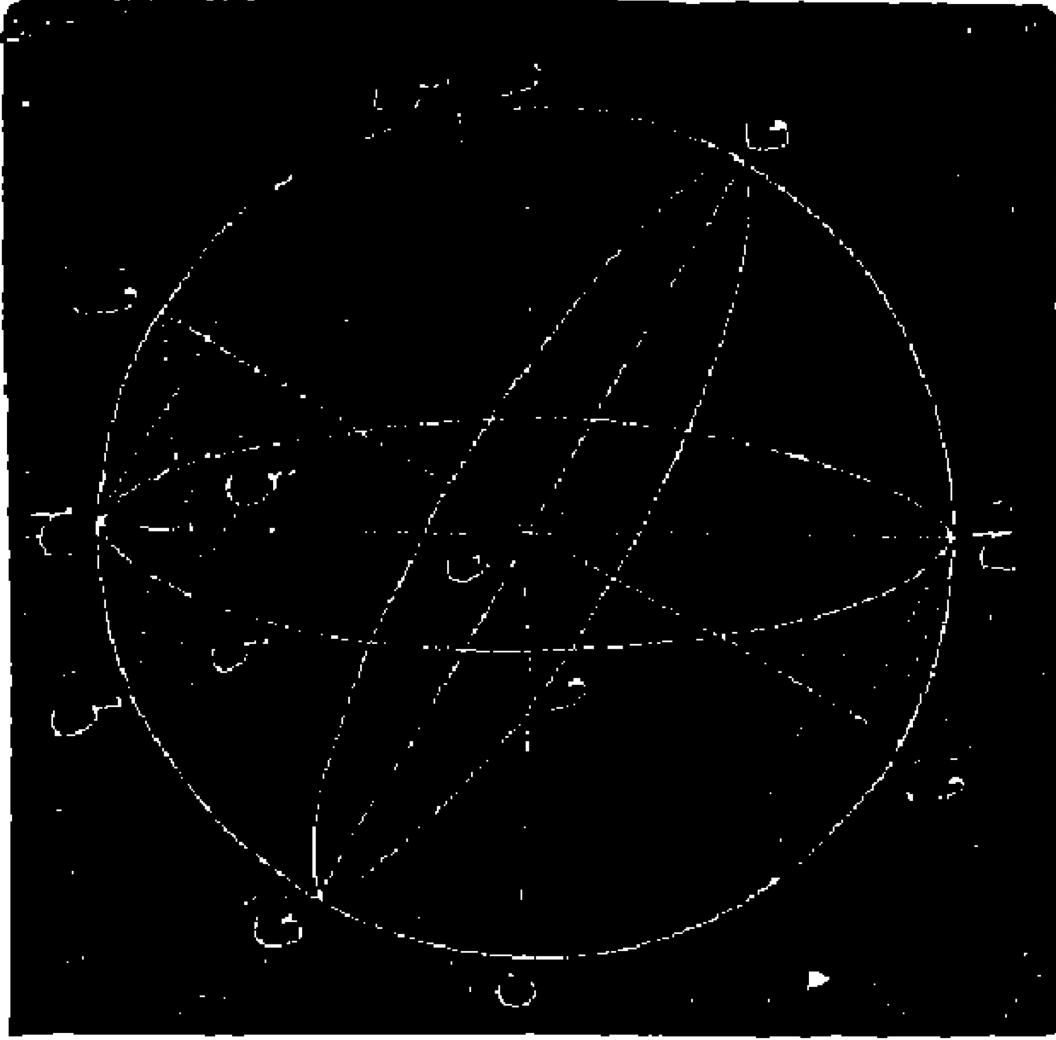
(٤٣) زاوية الاختلاف * هي الزاوية الحادثة عند جرم سماوي بين خط مرسوم اليهِ من سطح الارض وآخر مرسوم اليهِ من مركزها فيقابلها عند الجرم ١/٢ ق الارض او ١/٢ ق فلك الارض وسياتي بيان كيفية استعلامها مفصّلاً

(٤٤) كل دائرة عظيمة تمرُّ بقطب اخرى عظيمة تجعل مع الاولى زوايا قائمة والتي تمرُّ بقطب الاخرى سُمّيت ثناها او ثانيتها

(٤٥) الزاوية الحادثة على سطح كرة بتقاطع دائرتين عظيمتين قياسها قوس دائرة عظيمة

ثالثة واقعة بين محيطي الأوليين وراس تلك الزاوية في قطب الثالثة

(٤٦) ظهور جرم سماوي في الشرق سُمّي شروقهُ وغيابهُ في الغرب سُمّي غروبهُ وبلوغهُ الى اقصى ارتفاعهِ سُمّي تكبّدهُ ايــ بلوغهُ الى كبد السماء وبلوغهُ النقطة المقابلة تكبّدهُ سُمي تكبدهُ الاسفل اما النجوم الواقعة في دائرة الظهور الدائم فتكبدها الاعلى والاسفل فوق الافق والتي في دائرة الاختفاء الدائم تكبداها تحت الافق



شكل ٣

(٤٧) القسم من طريق جرم سماوي فوق الافق سمي قوسهُ العليا والقسم تحت الافق سمي قوسهُ السفلى

لكي تستعلم نسبة هذه الاقواس بعضها لبعض في مكان مفروض لنفرض فـ ق حَ ن ح (شكل ٣) الماجرة و ف القطب المرتفع و ق قَ خط الاستواء و ز سمت الراس و ح وحَ الافق و سَ س سً سَّ طريق جرم اليومي والارض نقطة عند ي فيكون سَ س سً القوس العليا و سَ سً سَ القوس السفلى

افرض ل = ق ز = عرض الناظر

ف = فـ سَ = بُعد الجرم القطبي

س = ز فـ س = الزاوية السويعية والجرم في الافق

ز = ز سَ = البعد السمتي والجرم في الافق

في المثلث الكروي ز فـ سَ لنا ق ز = ٩٠ - ل اي متمّ العرض وحسب قواعد حساب المثلثات الكروية

نج ز = نج ف × ج ل + ج ف × نج ل × نج س (٢)

(انظر كتابي في اللوغارثمات والمساحة صحيفة ١٤١ العبارة الثانيه من العبارات المنمرة ص)

اما ز فيعدل ٩٠° فتصير العبارة

٠ = نج ف × ج ل + ج ف × نج ل × نج س (٣)

اي نج س = − ماس ل / ماس ف (٤)

اذا كان ل = ٠ او ف = ٩٠° فحينئذٍ

نج س = ٠ و س = ٩٠° = ٦ ساعات

اي اذا كان الناظر على خط الاستواء والجرم في خط الاعتدال تكون القوس العليا ٦ ساعات ومدة الجرم فوق الافق تعدل مدته تحت الافق

ان كان ف < ل يكون نجا ف < −١ وذلك غير ممكن فلا يستوفي الجرم شرط كون ز = ٩٠° اي اذا كان البعد القطبي اقل من عرض الناظر لا يخفى الجرمُ الافقَ بل يبقى في دائرة الظهور الدائم

وان كان ف = ل يكون نجا س = −١ وس = ١٨٠° = ١٢ ساعة اي اذا كان العرض والبعد القطبي متساويين لا يسقط الجرم تحت الافق بل يمسهُ عند الهاجرة

وان كان ف > ل و ف < ٩٠° فحينئذٍ

نجا س < ٠ ونجا س > −١ وس > ٩٠° وس > ٦ ساعات

اي كل جرم بين القطب المرتفع وخط الاعتدال قوسهُ العليا اطول من قوسهِ السفلى ومدّتهُ فوق الافق اطول من مدّتهِ تحت الافق . وان كان ف > ل و ف > ٩٠° فحينئذٍ

نجا س > ٠ ونجا س > ١ وس < ٩٠° وس > ٦ ساعات

اي اذا كان الناظر على جانب خط الاستواء والجرم على الجانب الآخر منهُ تكون القوس العليا اقصر من ٦ ساعات ومدة الجرم فوق الافق اقصر من مدتهِ تحت الافق

ان كان ف = ١٨٠° − ل فحينئذٍ ماس ف = − ماس ل ونجا س = ١ و س = ٠° = ٠ س

اي اذا كان بين الجرم والقطب المنخفض ما يعدل عرض المكان لا يصعد الجرم فوق الافق بل يمسهُ عند الهاجرة واذا كان ف > ١٨٠° − ل يكون ماس ف > − ماس ل ونجا س > ١

وذلك محال اي اذا كان بُعد الجرم عن القطب المنخفض اقل من عرض الناظر لا يصعد الجرم الى الافق بل يبقى في دائرة الاختفاء الدائم

ضع في سهل كرةً قطرها قدمان عبارةً عن الشمس فتعبِّر عن عطارد حبة خردل في دائرة قطرها ١٦٤ قدمًا وعن الزهرة حبة حمّص في دائرة قطرها ٢٨٤ قدمًا وعن الارض حبة حمص ايضًا في دائرة قطرها ٤٣٠ قدمًا وعن المريخ قطورة دبوس في دائرة قطرها ٦٥٤ قدمًا وعن النجيمات حبات رمل في دوائر تختلف قطرًا بين ١٠٠٠ و١٣٠٠ قدم وعن المشتري برطقالة في دائرة قطرها نصف ميل وعن زُحَل برطقالة اصغر في دائرة قطرها $\frac{4}{5}$ الميل وعن اورانوس حبة عنب في دائرة قطرها اكثر من ميل ونصف ميل وعن نبتون خوخة في دائرة قطرها $2\frac{1}{2}$ ميل

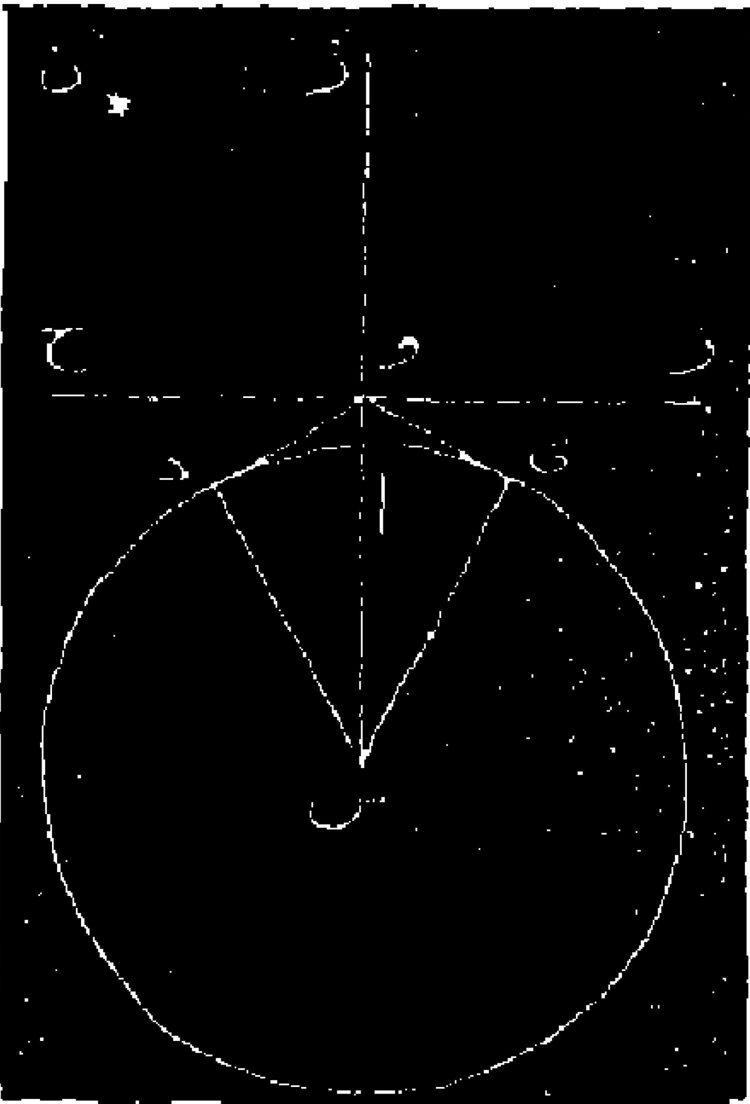
الجزء الاول

في الارض

الفصل الاول

في هيئة الارض وجرمها

(٨) هيئة الارض هيئة شبه كرة وذلك يتضح اولاً من استدارة خيالها الواقع على القمر عند خسوفهِ وثانيًا من مقايستها على بقية السيارات التي نراها جميعًا كروية وثالثًا من اننا ننظر اعالي اشباح بعيدة قبل اسافلها ولو كانت اسافلها اكبر من اعاليها ورابعًا من انخفاض الافق عند ارتفاع عين الناظر عن مساواة سطح الارض (انظر شكل ٢ و٤) وخامسًا ان قوسًا مفروضة على سطح الارض تقيس زاوية واحدة عند المركز تقريبًا


شكل ٤

(٩) انخفاض الافق هو ابتعادهُ الظاهر لناظر مرتفع عن مساواة سطح الارض ويتضح ذلك من الشكل الرابع. فليكن او علو جبل و زو خطًا عموديًا على سطح الارض فان أُخرج على استقامتهِ ينتهي الى المركز س وليكن ح ر عموديًا على زس فاذا أُخرج الى المقعر السماوي يقسمهُ الى اعلى واسفل كما تقدم (حد ١١) وليكن داي الجزء من سطح الارض الظاهر عند و وليكن ود وي خطين مستقيمين من موضع الناظر الى افقهِ الارضي اي ماسين لسطح الارض و س د او س ى نصف قطر الارض فتكون الزاوية ح و د او ر و ى انخفاض الافق اما الزاوية زود او زوى فتقاس بسهولة ثم ان طُرِح منها زوح اي قائمة تبقَ ح ود او نقاس س ود ثم اطرحها من القائمة س وح فتبقي ح ود وهي المطلوبة . ثم اذا عرفنا س د اي نصف قطر الارض نستعلم الضلعين س و و د و من

المثلث د س و وهكذا وُجِد ان الخطوط الخارجة من و الى الافق الى اية جهة كانت في متساوية وينتج من ذلك ان حد النظر دائرةٌ وذلك مهما كان الارتفاع عن سطح الارض ولا يصح ذلك الّا في سطح كروي

(١٠) ثم ان زاوية انخفاض الافق اي ح و د = و س د وتُستعلَم لاي علوٍ فُرِض لانهُ في المثلث و د س لنا س د و س و والقائمة و د س. اجعل س و نصف قطر فتكون النسبة لاستعلام الزاوية و س د هذه

س و : ½ق :: س د : ن ج و س د (٥)

(انظر كتابي في حساب المثلثات النظرية الثانية صحيفة ٦٧) فلنفرض او = ١٠٠ قدم ونصف قطر الارض هو ٣٩٥٦ ميلاً = ٢٠٨٨٧٦٨٠ قدمًا اي س و = ٢٠٨٨٧٧٨٠

½ق	= ١٠٫٠٠٠٠٠٠٠
نسب ٢٠٨٨٧٦٨٠	= ٧٫٣١٩٨٩٠
	١٧٫٣١٩٨٩٠
نسب ٢٠٨٨٧٧٨٠	= ٧٫٣١٩٨٩٢
نظير جيب و س د	= ٩٫٩٠٩٩٩٨ = ١٠′

ويقتضي لذلك اصلاح قليل لسبب الانكسار الارضي فيصير ٩′ ٥١″ = زاوية س او ح و د اذا ارتفع الناظر مئة قدم ثم بتعيين قيمات مختلفة للخط او من قدم واحد الى حدٍّ ما يشاء يُستعلَم انخفاض الافق لاي علوٍ فُرِض. انظر الجدول الحادي عشر من كتابي في التعاليم فانهُ يفيد معرفة الاصلاح اللازم لاستعلام ارتفاع جرم سماوي فوق الافق الحقيقي متى كانت الآلة المستعملة مرتفعة عن سطح الارض

مثالهُ (شكل ٤) ليكن ن نجمًا مطلوب ارتفاعهُ فوق الافق الحقيقي ح و ر فتقاس بالآلة ما الزاوية ن و د ولتكن ٦٠° مثلاً ولنفرض ارتفاع الآلة ٣٠ قدمًا فحسب الجدول يجب ان تُطرَح ٤′ ١٤″ من ٦٠° فيبقى ٥٩° ٥٥′ ٣٦″ = ارتفاع النجم فوق الافق الحقيقي

ثم بعكس العمل المذكور يُستعلَم ارتفاع مكان فوق مساواة سطح البحر اذا فُرِضت زاوية انخفاض افقهِ. فلنا في المثلث و د س الضلع د س والزوايا س و د و د س د س و ومنها نستعلم الضلع س و ثم اطرح من س و نصف قطر الارض اي س ا فيبقى او اي ارتفاع المكان عن مساواة البحر والنسبة هي هذه

نظير جيب و س د : س د :: ½ق : س و (٦)

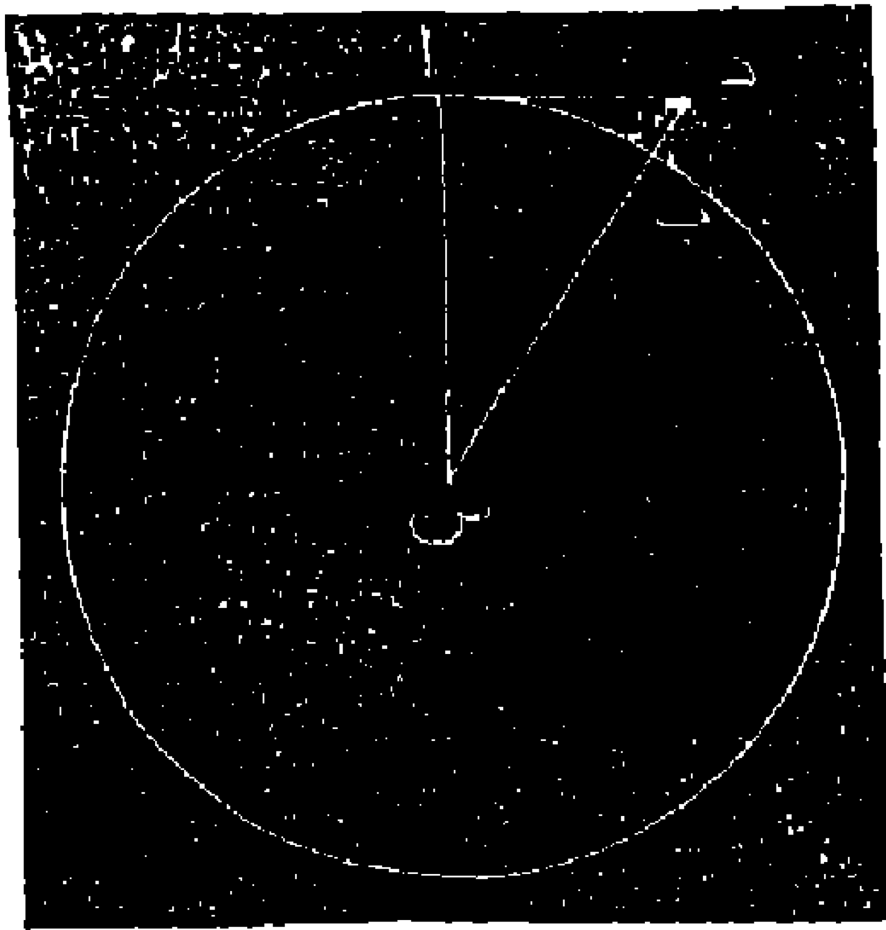
مسئلة. صعد سائح الى راس جبل ووجد زاوية انخفاض الافق ٢° فكم قدم علو الجبل

(الجواب ١٢٧٥٣ قدمًا)

(١١) يكفي ما تقدَّم ذكرهُ برهانًا على كروية الارض وقد تأكَّد ايضًا انها ليست كرة تامَّة بل هي مسطحة قليلاً من ناحيتي القطبين وقطرها القطبي اقصر من القطر الاستوائي بنحو ٢٦ ميلاً فسُمّيت الارض شبه كرة (عـ٨ـ) وسياتي الكلام بكيفية استعلام ذلك ان شاء الله

(١٢) قطر الارض القطبي = ٧٨٩٩٫١٧ ميلاً والقطر الاستوائي = ٧٩٢٥٫٦٤ والمعدل ٧٩١٢٫٤ ومحيطها ٢٤٧٥٧٫٥ وفي اصطناع كرة شبيهة بالارض لا يُعتَدُّ بارتفاع بعض اجزاء سطحها وانخفاض البعض لان اعلى جبالها لا يفوق خمسة اميال علوًّا اي $\frac{٥}{٧٩١٢} = \frac{١}{١٥٨٢}$ من قطرها واعمق البحر $\frac{١٥}{١٠٠٠٠}$ من قطرها وذلك في كرة قطرها $١\frac{١}{٢}$ قدم يكون $\frac{١}{٨٨}$ من قيراط

تنبيه . القيراط $\frac{١}{٢٧}$ من ذراع



شكل ٥

(١٣) ان حسبنا الارض كرة تامَّة يتوصَّل الى معرفة قطرها بالنظر الى راس جبل معروف ارتفاعهُ من الافق في البحر مثالهُ (شكل ٥) ليكن ب د جبلاً علوهُ = ت ولنفرض مقام الناظر عند ا فيتراءى لهُ راس الجبل في الافق ولنفرض الخط اد = ب ميل ولنفرض نصف قطر الارض اي اس = ك ثم (حسب اقليدس ك ١ ق ٤٧)

$$\text{ك}^2 + \text{ب}^2 = (\text{ك} + \text{ت})^2 \quad \text{اي} \quad \text{ك}^2 + \text{ب}^2 = \text{ك}^2 + ٢\text{ك}\text{ت} + \text{ت}^2$$

وبالمقابلة $٢\text{ت}\text{ك} = \text{ب}^2 - \text{ت}^2$ و $\text{ك} = \frac{\text{ب}^2 - \text{ت}^2}{٢\text{ت}}$ (٧)

ثم لنفرض علو الجبل اي ب د ميلاً واحدًا فيكون الخط اد اي ب حسبما يُعلَم من الامتحان ٨٩ ميلاً ثم بالتعويض

$\frac{\text{ب}^2 - \text{ت}^2}{٢\text{ت}} = \frac{(٨٩)^2 - ١}{٢} = \frac{٧٩٢١ - ١}{٢} = ٣٩٦٠$ = نصف قطر الارض وقطرها = ٧٩٢٠ ميلاً

(١٤) لنا واسطة اخرى لاستعلام قطر الارض قد أستُعملت منذ قديم الزمان وهي ان نقاس على سطح الارض درجة من العرض فيؤخَذ لذلك مكانان احدها الى شمالي الآخر وعرضهما معروف ولنفرض فضلة عرضيهما ١° ٣٠′ ثم لنفرض المسافة بينهما بالقياس ١٠٣٫٥ اميال ثم لان كل دائرة = ٣٦٠° لنا هذه النسبة

$$١° ٣٠' : ٣٦٠° :: ١٠٣٫٥ : ٢٤٨٤٠ = \text{محيط الارض}$$

وحسب اقليدس (ق ٩ ك ١ م) $\frac{٢٤٨٤٠}{٣٫١٤١٦} = ٧٩٠٩$ فيبان من هذه الاقيسة المختلفة ان قطر الارض

لا يختلف كثيرًا عن ٨٠٠٠ ميل . وبعد مقابلة ادقّ القياسات قد صح ان

محيط الارض	٢٤٨٥٧	ميلاً
والقطر (٢٤٨٥٧ ÷ +١٤١٥٩ ٣) = ٧٩١٣٫٤		ميلاً
ودرجة واحدة من المحيط	٣٦٥٠٠٠	قدم
وثانية واحدة نحو	١٠٠	قدم
القطر الاستوائي	٤١٨٤٨٣٨٠	قدمًا
والقطبي	٤١٧٠٨٧١٠	قدمًا

وقد اتضح ايضًا ان المحيط الاستوائي ليس بدائرة تامّة بل هليلجي قطرهُ الاطول = ٤١٨٥٣٨٦٤ قدمًا والاقصر = ٤١٨٤٣٨٩٦ قدمًا والاطول مارٌّ من طول ١٤° ٢٣' شرقي الى ١٩٤° شرقي من كرينوج وهو اطول من العمودي عليهِ ميلين

(١٥) ان الاوهام المستولية على العقل وخاصةً من جهة الفوق والاسفل هي من اعظم الموانع لادراك علم الهيئة ولاجل ازالتها يجب على المتعلم ان يتصوَّر الارض في فكرهِ على هيئة كرة مثل نقطة في الكون محاطة بالاجرام السموية من كل الجهات ولا يتصوَّر الفوق والاسفل الاَّ بالنسبة الى جهة مركز الارض اي فوق الى خلاف جهة المركز واسفل نحو المركز

الفصل الثاني

في الحركة اليومية والكرات المصطنعة وبعض المسائل الفلكية

(١٦) حركة الاجرام السموية اليومية الظاهرة من الشرق الى الغرب انما هي حاصلة بالحقيقة من دوران الارض على محورها من الغرب الى الشرق ولو توهم اخراج نصف قطر دائرة خط الاستواء الى المقعر السماوي لرُسِم بدوران الارض اليومي خط استواء سماوي والاجرام السماوية تتراءى كأنها تتحرَّك في دوائر توازي الدائرة المشار اليها ولكل جرم دائرة مختصة بهِ وسُمّيت هذه الدوائر دوائر الحركة اليومية كما علمت وعند ما يتصور في العقل تصوُّرًا جليًا حقيقية حركة الارض على محورها فحينئذٍ يجوز استعمال القول الدارج بدوران الاجرام السماوية من الشرق الى الغرب مرة واحدة كل يوم في دوائر توازي بعضها بعضًا وتوازي خط الاستواء ايضًا

(١٧) ان مدّة دوران نجم من خط نصف النهار حتى يعود اليهِ ايضًا سمي يومًا نجميًا وهو مدّة دوران الارض على محورها مرة واحدة وبالمراقبة نجد هذه الاوقات جميعها متساوية ايًّا كان النجم المُراقَب فتكون الايام النجمية متساوية ابدًا ويُبرهَن بذلك ايضًا ان النجوم لا تتغير اماكنها بنسبة بعضها الى بعض وهذه الحقيقة مطابقة لكون حركاتها الظاهرة من قبل حركة واحدة حقيقية اي دوران الارض. اما الشمس والقمر والسيارات فانها تدور بالظاهر كالنجوم غير انها لا تعود الى النقطة المعيّنة من خط نصف النهار في اوقات متساوية كما سنعلم ان شاء الله

(١٨) في الكرة المائلة (حد ٢٠) لا تقطع الدوائر اليومية الافق بالتساوي والى جهة القطب المرتفع تكون اكثر من نصف تلك الدوائر فوق الافق وبالعكس الى جهة القطب المنخفض فمتى كانت الشمس على خط الاستواء يكون الليل والنهار متساويين في جميع الاماكن على سطح الارض لان خط الاستواء والافق كسائر الدوائر العظام تنصّف احداها الاخرى ومتى كانت الشمس الى شمالي خط الاستواء يكون النهار اطول من الليل في كل مكان الى شمالي ذلك الخط ومتى كانت الى جنوبيهِ يكون الليل اطول من النهار وبعكس ذلك في نصف الكرة الجنوبي وكل ما زاد العرض زاد اختلاف الليل والنهار كما يتّضح من النظر الى الكرة الارضية وعلى خط الاستواء هما متساويان ابدًا

(١٩) ان الحركات اليومية لا يمكن التعليل عنها الّا بدوران الكرة السماوية حول الارض مرة واحدة في كل ٢٤ ساعة او بدوران الارض على محورها مرّة واحدة في تلك المدّة والمختار هو المذهب الثاني لاسباب شتى سياتي ذكرها في محالها وهذه الحركة لا نشعر بها لاستمرارها كما اننا احيانًا لا نشعر بحركة سفينة نركبها بل يتراءى لنا كأنّنا ثابتون في مكان واحد وان الاشباح حولنا تتحرّك الى جهة خلاف جهة حركتنا

(٢٠) اننا ما دمنا في مكان واحد على سطح الارض لا يتغير افقنا بالدوران اليومي لانهُ يدور معنا فلنفرض مقامنا على خط الاستواء عند شروق الشمس فافقنا الحقيقي يمرُّ بالقطبين وبمركز الشمس ثم بدوران الارض من الغرب الى الشرق يوطأُ الافق تحت الشمس اكثر فاكثر ١٥° كل ساعة فيتراءى لنا كأنّ الشمس تصعد فوق الافق هذه المسافة نفسها فبعد ست ساعات يكون الافق قد انخفض تحت الشمس ٩٠° فتكون الشمس فوق رؤُوسنا تمامًا وبعد ست ساعات أُخَر تكون الشمس في النقطة الغربية من افقنا ثم يصعد الافق فوق الشمس فتختفي عنّا وتبقى مختفية ١٢ ساعة الى ان تصل اليها ايضًا النقطة الشرقية من الافق فيبتدئُ نهارٌ آخر

(٢١) ثم لنفرض مقامنا عند القطب فسطح افقنا حينئذٍ يطابق خط الاستواء ويقطع الشمس في مركزها فنراها تتحرّك في الافق نصفها فوقهُ ونصفها تحتهُ بشرط كون الشمس ثابتة او بالاحرى

بشرط نفي حركة الارض السنوية حول الشمس ثم ان تقدمت الشمس الى الشمال او الارض الى الجنوب ترى الشمس تتحرّك في دائرة توازي خط الاستواء فوق الافق فيكون نهارٌ دائمًا وان تأخرت الى الجنوب او تقدمت الارض الى الشمال تختفي كلها فيكون ليلٌ دائمًا

(٣٢) من المفروضَين السابقَين قد اتضحت كيفية الحركة اليومية الظاهرة في كرة قائمة وكرة متوازية ومن ثمَّ يتوصّل الى كيفية هذه الحركة في الكرة المائلة فتأمل (حد١٨ و١٩ و٢٠ و٤٧)

في الكرات المصطنعة

(٣٣) الكرات المصطنعة نوعان ارضية وسماوية فالاولى صورة الارض والثانية صورة المقعر السماوي كما يتراءى من الارض ويُفرَض مقام الناظر في مركز الكرة

(٣٤) في الكرات المصطنعة تقوم منطقة النحاس مقام خط نصف النهار اي الهاجرة ويقاس عليها عرض الاماكن على سطح الارض وميل الاجرام السماوية والافق الخشبي يقوم مقام الافق الحقيقي ويقاس عليه السموت والسعة وتتعيّن عليه ايضًا البروج والشهور واياما وموقع الشمس في دائرة البروج لكل يوم من ايام السنة

(٣٥) الدوائر السُوَيعية على الكرة الارضية تمرُّ بالقطبين وعلى السماوية تمرُّ بقطبي دائرة البروج ويقاس عليها العرض السماوي والمنطقة النحاسية يقاس عليها ميل الاجرام السماوية كما تقدم

(٣٦) الساعة دائرة صغيرة مرسومة حول قطب خط الاستواء مقسومة الى ٢٤ ساعة ويدور عليها عقرب فيُستعلَم بها وقت مرور جرم من نقطة الى اخرى وصعودهُ المستقيم في وقتٍ ثم ان اقتضى الامر يحوّل الوقت الى قوس

(٣٧) ربع الارتفاع سَيرٌ من نحاس مقسوم الى ٩٠° = درجات الكرة التي صُنِع لها ويُستعمَل لقياس ارتفاع جرم او سموتهِ وما يشبه ذلك ويصح ايضًا ان يُستعمَل ثانويًا لاية دائرة عظيمة فُرِضت او متسامتة لاي مكان فُرِض

(٣٨) لكي تدل الكرة على الهيئة في مكانٍ ما يجب تقويمها لموقع المكان وذلك برفع اقرب القطبين درجاتٍ تماثل عرض المكان ويكون حينئذٍ خط الاستواء وجميع الدوائر المتوازية على ميلها الحقيقي عند المكان المفروض ثم بتدوير الارضية من الغرب الى الشرق والسماوية بالعكس تتحرّك كل نقطة منها على مشابهة حركتها الحقيقية

(٣٩) مسائل تُحَلُّ بالكرة الارضية

(١) لاستعلام عرض مكان وطولهِ

أَدِرِ الكرة حتى يقع المكان المفروض تحت منطقة النحاس فترى على المنطقة فوق المكان عرضهُ وعلى خط الاستواء تحت المنطقة طولهُ

ما هو طول بيروت وعرضها — دمشق — القسطنطينية — باريز

(٢) مفروض عرض مكان وطولهُ مطلوب موقعهُ

ادر الكرة حتى يقع الطول المفروض تحت المنطقة ثم تحت العرض المفروض على المنطقة تجد المكان

اي مكان في ٣٩° ع ش و٧٧° ط غ

حاشية. ان اردتَ معرفة كم ميلاً يدور موطن مفروض كل ساعة بحركة الارض اليومية فاستعلم الاميال في درجة من الطول في المكان المفروض واضرب الاميال في ١٥ فما كان فهو الجواب. مثالهُ لو قيل كم ميلاً تدور حلب كل ساعة لقيل عرض حلب = ٣٦° ١١′ تقريبًا وفي ذلك العرض ٤٨½ ميلاً في درجة من الطول و٤٨½ × ١٥ = ٧٢٧½ ميل في الساعة

(٣) لكي تستعلم بالكرة جهة موطن من آخر والبعد بينهما

قوّم الكرة لعرض احد المكانين وركّب ربع الارتفاع على سمت الراس واجعلهُ يمرُّ بالمكان الآخر ثم في دائرة السموت على الافق الخشبي تجد الجهة وعلى الربع تجد كم درجة بينهما وتحوّل الدرجات الى اميال اعتيادية بضربها في ٦٩½ والى اميال جغرافيّة بضربها في ٦٠

ما هي جهة القسطنطينية من دمشق وما هو البعد بينهما

(٤) لكي تستعلم فضلة وقت مكانين بالكرة

ادر الكرة حتى يقع شرقيهما تحت المنطقة النحاسية واجعل العقرب على ١٢ ثم ادر الكرة شرقًا حتى يقع المكان الآخر تحت المنطقة فالساعة المدلول عليها بالعقرب هي المطلوب وان عُرِف طول المكانين تحل المسئلة بتحويل فضلة طولها الى وقت كما تقدم

متى كان الظهر في بيروت فما هو الوقت في جزائر صندويج

(٥) مفروض وقت مكان ومطلوب الوقت في مكان آخر مفروض

استعلم الفرق بين طولَي المكانين وحوّلهُ الى وقت ثم ان كان المطلوب وقتهُ الى شرقي الآخر فاضف الفرق الى الوقت المفروض والاَّ فاطرحهُ منهُ

ما هو الوقت في كنتون متى كان الساعة التاسعة في بيروت

(٦) لاستعلام المتخالفين فصلاً والمتخالفين وقتًا والمتخالفين وقتًا وفصلاً لمكان مفروض

قدّم المكان المفروض الى المنطقة ثم في نصف الكرة الآخر تحت المنطقة في عرض المكان المفروض

تجد المتخالفين فصلاً ثم اجعل العقرب على ١٢ وادر الكرة الى ان يقع العقرب على الـ١٢ الآخر ثم تحت المنطقة على عرض المكان المفروض تجد المتخالفين وقتًا وفي نصف الكرة الآخر تحت العرض المفروض تجد المتخالفين وقتًا وفصلاً

تنبيه . المتخالفون وقتًا يتفقون فصلاً والمتخالفون فصلاً يتفقون وقتًا والمتخالفون وقتًا وفصلاً هم في جهات متقابلة من الكرة ويمشون قدمًا لقدمٍ

ما الاماكن المتخالفة وقتًا والمتخالفة فصلاً والمتخالفة وقتًا وفصلاً لمدينة دمشق — بغداد

(٧) لاجل تقويم الكرة لكي تدل على موقع الشمس

خذ يومك من الشهر وتجاهه على الافق الخشبي تجد موقع الشمس في دائرة البروج لذلك اليوم ثم عيّن ذلك المكان من دائرة البروج نفسها وقدمه الى المنطقة وضع العقرب على ١٢ فتكون الكرة على مشابهة حالة الارض في ذلك النهار

قوّم الكرة ليومك هذا

(٨) مفروض عرض مكان مطلوب من الكرة وقت طلوع الشمس وغروبها ليوم معيّن في ذلك المكان

قوّم الكرة للعرض وقدم مكان الشمس في دائرة البروج الى المنطقة واجعل العقرب على ١٢ ثم ادر الكرة شرقًا الى ان يقع مكان الشمس على مساواة الافق الخشبي فالساعة المدلول عليها بالعقرب هي وقت طلوع الشمس ثم ادر الكرة غربًا الى ان يقع مكان الشمس على مساواة الافق فتكون الساعة المدلول عليها وقت الغروب

اية ساعة تشرق الشمس واية ساعة تغيب في مكانك بومك هذا

(٩) مفروض مكان في المنطقة الحارّة مطلوب اي يومين من السنة تكون الشمس في سمت الراس له

قدم المكان المفروض الى المنطقة وعيّن عرضه ثم ادر الكرة وعين النقطتين من دائرة البروج اللتين تمرّان تحت ذلك العرض ثم اطلب تينك النقطتين على الافق الخشبي وتجاههما تجد المطلوب

في اي يومين من السنة تكون الشمس في سمت الراس لمدينة مدرس — كوبتو — جزيرة مارهيلانة

(١٠) مفروض الشهر ويومه في مكان ليس في احدى المنطقتين الباردتين مطلوب اي يوم آخر من السنة يعدله طولاً

استعلم مكان الشمس في دائرة البروج لليوم المفروض وقدمه الى المنطقة وعيّن الدرجة من العرض فوقه ثم ادر الكرة حتى تقع نقطة اخرى من دائرة البروج تحت ذلك العرض واطلب تلك

النقطة في الافق الخشبي فترى تجاهها اليوم الآخر او بدون الكرة كل يومين على بعد واحد من اطول ايام السنة او اقصرها هما متساويان

اي يوم آخر من السنة = ٢٥ نيسان

(١١) مطلوب طول النهار الاطول في مكان مفروض في المنطقة المتجمدة الشمالية

ارفع القطب او اخفضهُ حتى يقع المكان المفروض تحت النقطة الشمالية من الافق وعين بعدهُ عن القطب على منطقة النحاس وعين هذا البعد ايضاً على المنطقة من خط الاستواء شمالاً ثم ادر الكرة وعين النقطتين من دائرة البروج اللتين تمرّان تحت الدرجة المعينة واطلبهما في الافق الخشبي فتجد تجاههما اليومين اللتين فيهما يبتدئ النهار الاطول وينتهي في المكان المفروض والايام بينهما هي طول النهار الاطول في المكان المفروض

ما هو طول النهار الاطول في شمالي جزيرة سبينسبركن وفي اي يوم يبتدئ وفي ايّ ينتهي

ما هو طول النهار الاطول عند القطب الشمالي وفي اي يوم يبتدئ وفي ايّ ينتهي

(١٢) مطلوب طول الليل الاطول في مكان مفروض في المنطقة المتجمدة الشمالية

افعل كما تقدم في العملية السابقة وعدّ الدرجات من خط الاستواء جنوباً وتمّم العمل كما تقدم

ما هو طول الليل الاطول في الراس الشمالي

قد نشتّى بعض اهالي هولاندا في زمبلا الجديدة عرض ٧٦° ٣٠′ شمالي في سنة ١٥٩٦ ففي اي يوم من اي شهر غابت عنهم الشمس وفي اي يوم اشرقت وكم يوماً بقيت غائبة

(١٣) مطلوب عدد الايام التي فيها تشرق الشمس وتغيب في مكان مفروض من المنطقة المتجمدة الشمالية

استعلم طول النهار الاطول والليل الاطول في المكان المفروض حسبما تقدم واجمعهما واطرح المجتمع من ٣٦٥ فما كان فهو عدد الايام التي فيها تشرق الشمس وتغيب كل ٢٤ ساعة في المكان المفروض

كم يوماً من السنة تشرق الشمس وتغيب في الراس الشمالي عرض ٧١° ٣٠′

الجواب ٢١٥ يوماً

(١٤) مطلوب سعة الشمس في مكان مفروض

قوّم الكرة لعرض المكان المفروض واستعلم موضع الشمس في دائرة البروج وادر الكرة حتى يقع موضعها تحت الجزء الشرقي من الافق فترى تجاههُ سعة الشروق ثم ادرها الى ان يقع مكان الشمس تحت الجزء الغربي من الافق فترى تجاههُ سعة الغروب

في اية جهة تشرق الشمس وتغيب في مكانك في ٢١ تموز

في مكانٍ في ٢٢ ك ا ١٨٣٧ في ٣١° ٢٨′ عرض جنوبي و٨٣° طول غربي غابت الشمس في الجنوب الشرقي حسب الحك فكم هو انحراف الابرة

(١٥) مفروض عرض المكان ويوم الشهر مطلوب الساعتان من النهار فيهما تكون الشمس الى جهة الشرق والغرب تمامًا

قوّم الكرة لعرض المكان واستعلم مكان الشمس في دائرة البروج وقدمهُ الى المنطقة واجعل العقرب على ١٢ ثم ركّب ربع الارتفاع على العرض المفروض وضع طرفهُ على النقطة الشرقية ثم ادر الكرة حتى يقع مكان الشمس على حد الربع فتكون الساعة المدلول عليها بالعقرب هي التي فيها تكون الشمس الى جهة الشرق وهكذا في الجهة الغربية

في اية ساعة تكون الشمس الى جهة الشرق من مكانك في ٢١ حزيران — في ٢١ ك ا

(١٦) مفروض ارتفاع الشمس وقت الظهر ويوم الشهر مطلوب عرض المكان

اطرح ارتفاع الشمس من ٩٠ فيكون الباقي بُعد الشمس عن سمت الراس ثم من احد الجداول لميل الشمس استعلم ميلها للوقت المفروض فان كان جنوبيًّا فاطرحهُ من الباقي المذكور والّا فاضفهُ اليهِ فما كان فهو العرض

مفروض في ١٠ آيار ارتفاع الشمس وقت الظهر ٥٠° وهي الى جهة الجنوب من الناظر فما هو عرض المكان

٩٠° — ٥٠° = ٤٠° = البعد عن سمت الراس

ميل الشمس = ١٧° ٢٩′ شمالي

٥٧° ٢٩′ = العرض وهو شمالي

(٣٠) مسائل على الكرة السماوية

(١) لاستعلام ميل جرم سماوي وصعودهِ المستقيم

قدم موضع الجرم الى المنطقة النحاسية فتكون الدرجة فوقهُ الميل والتي تقابلها على خط الاستواء هي الصعود المستقيم

ما هو ميل النسر الواقع وصعودهُ المستقيم — الطائر — فم الحوت — الغول — رِجْل الجبار — الشعرى اليمانية — الشعرى الشامية — الشمس في ٥ حزيران

(٢) لتقويم الكرة حتى تدل على هيئة السماء في وقت مفروض

قومها لعرض المكان المفروض وقدم موضع الشمس الى المنطقة وضع العقرب على ١٢ ثم أدِر

الكرة غربًا حتى يدل العقرب على الساعة المفروضة فيدل حينئذٍ على هيئة السماء في ذلك الوقت

قوّم الكرة للدلالة على هيئة السماء في ليلتك هذه في الساعة العاشرة (ب ظ)

(٣) لاستعلام ارتفاع نجم وسموته في وقت مفروض

قوم الكرة لعرض المكان وركّب ربع الارتفاع على سمت الراس واجعله يمرّ على النجم المفروض فيكون جزء الربع الواقع بين النجم والافق هو الارتفاع والقوس من الافق الواقعة بين المنطقة والربع هي السموت

ما هو ارتفاع الشعرى اليمانية وسموتها ليلتك هذه الساعة العاشرة ب ظ — مرقّ من المرأة المسلسلة — مغرز من الدب الاكبر — كف من ذات الكرسي — العيوق — قلب الاسد — السنبلة — السماك الرامح

(٤) لاستعلام البعد بين نجمين

ضع الصفر من ربع الارتفاع على احدهما فتكون النقطة منه الواقعة على الآخر دالة على البعد بينهما

ما هو البعد بين الفرقدين — بين نجوم نطاق الجبار

(٥) مفروض العرض واليوم من الشهر مطلوب ارتفاع الشمس وقت الظهر

قوم الكرة للعرض وقدم موضع الشمس الى المنطقة وعين الدرجات بينه وبين سمت الراس فيكون متمّ تلك القوس ارتفاع الشمس في الوقت المفروض

ما هو ارتفاع الشمس وقت الظهر يومنا هذا

(٦) مفروض الصعود المستقيم لجرم سماوي وميله ومطلوب مكانه على الكرة

قدم درجة الصعود الى المنطقة ثم خذ درجة الميل من المنطقة فيكون موقع الجرم تحتها

اي نجم له ٢٦١° ٢٩′ صعود مستقيم و٥٢° ٢٧′ ميل شمالي

(٧) مفروض طول جرم وعرضه مطلوب موقعه

ضع صفرًا من ربع الارتفاع على الطول المفروض في دائرة البروج والطرف الآخر على قطبها فترى مكان الجرم تحت العرض المفروض من ربع الارتفاع

اي نجم له ١٦° ١٦′ من الطول و١٢° ٣٦′ من العرض الشمالي

(٨) مفروض اليوم والساعة والعرض مطلوب النجوم الطالعة والآفلة والواصلة الى خط نصف النهار

قوّم الكرة للعرض وقدم موضع الشمس الى المنطقة واجعل العقرب على ١٢ ثم ان كانت الساعة المفروضة ق ظ فأدِر الكرة شرقًا حتى يمرّ العقرب على ساعات تماثل الوقت بين المفروض والظهر

وان كان ب ظ فادرها غربًا حتى يستقرَّ العقرب على الساعة المفروضة وعلى كلا الحالين تكون النجوم الواقعة على الافق الشرقي طالعة والواقعة على الغربي آفلة والواقعة تحت المنطقة على خط نصف النهار

ما هي النجوم الطالعة والآفلة الخ في ساعة ٩ ليلتك هذه

ما هي النجوم التي لا تغيب عنك في عرضك

(٢٠) مفروض العرض واليوم من الشهر مطلوب كم تطلع الزهرة قبل الشمس ان كانت نجم الصبح وكم تغيب بعد الشمس ان كانت نجم الغروب

اطلب طول الزهرة وعرضها من الجداول اليومية وعين مكانها على الكرة ثم قدم موضع الشمس الى المنطقة فان وقعت الزهرة عن يمين الشمس كانت نجم الغروب والّا فهي نجم الصبح ثم ان كانت نجم الغروب فقدم موضع الشمس الى الافق الغربي وضع العقرب على ١٢ وادر الكرة غربًا الى ان تغيب الزهرة فيدل العقرب على المطلوب وان كانت نجم الصبح فعكس العمل وهذه القاعدة تصلح لبقية السيارات ايضًا

الزهرة أهي نجم الصبح او نجم الغروب يومك هذا

اية ساعة يطلع المشتري واية ساعة يغيب — المريخ — زُحَل — عطارد

تنبيه . ان المسائل الماضية على الكرة الارضية والسماوية هي البعض القليل من مسائل كثيرة تُحَلُّ بها ولا داعي لذكر اكثر منها لان الفطن ينتبه اليها من نفسهِ بعد ما يتقدم قليلاً في علم الهيئة

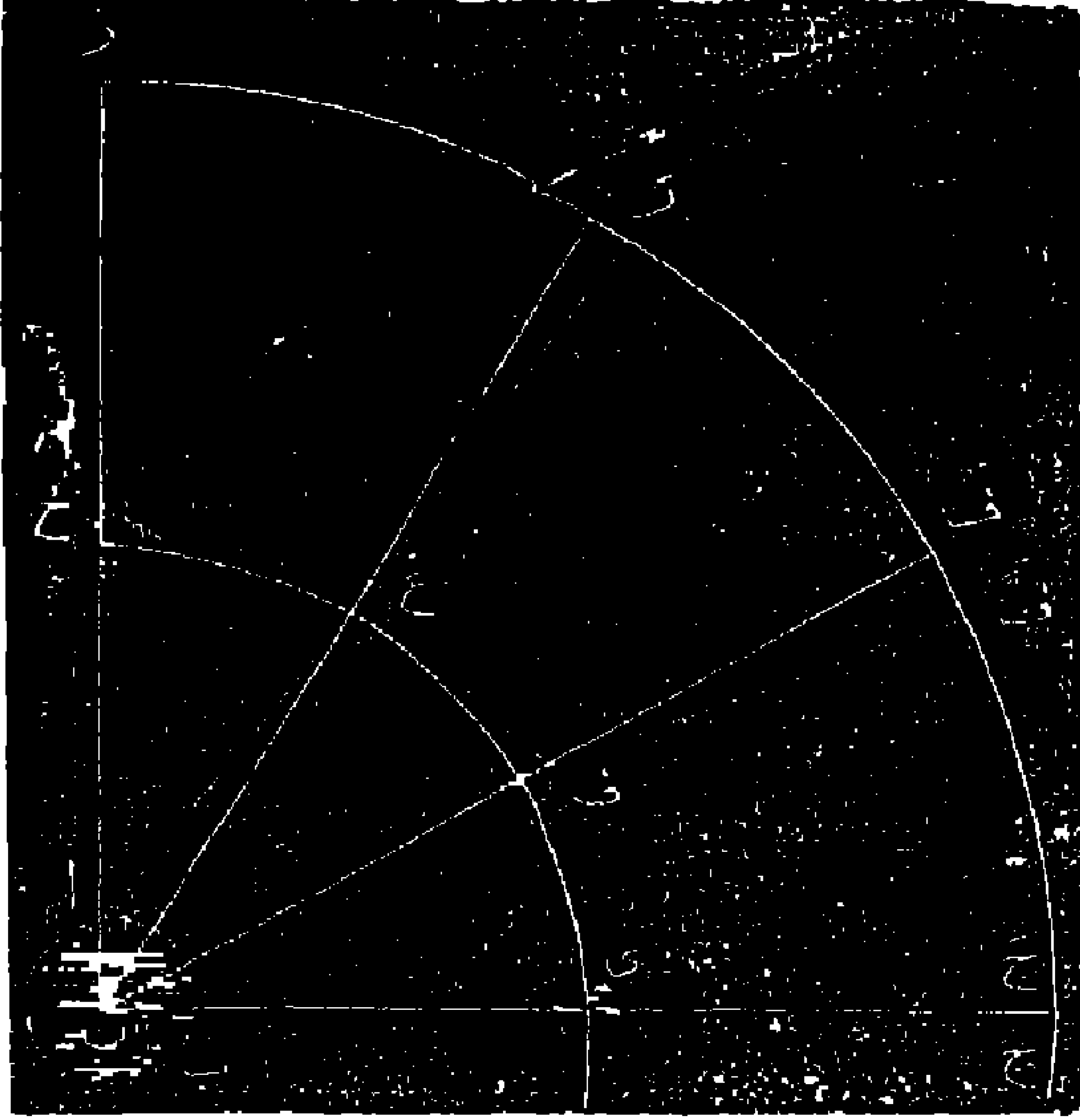
الفصل الثالث

في زاوية الاختلاف والانكسار والشفق

(٢١) انتقال ناظر يُحدِث انتقالاً ظاهرًا في المنظورات سُمّي الحركة الاختلافية ومقدار تلك الحركة هي الزاوية الاختلافية فزاوية الاختلاف هي التي تقيسها قوس الاختلاف الظاهر في موقع جرم بالنظر اليهِ من اماكن مختلفة مثاله في شكل ٦ لتكن ا الارض س حَ الافق حَ ز ربع دائرة عظيمة بين الافق وسمت الراس و ي ف غ ح مواقع القمر مثلاً على درجات مختلفة من الارتفاع فوق الافق فان ناظرًا اليهِ من ا على سطح الارض متى كان في ي يراهُ بين الثوابت في حَ وناظرًا اليهِ من س اي من

مركز الارض براهُ بين الثوابت في حَ فالقوس حَحَ هي قياس الزاوية حَ يِ حَ او ايس وهي زاوية الاختلاف وهكذا متى كان عند ف وغ

(٣٢) لسبب الاختلاف الظاهر في مواقع الاجرام السماوية الحاصل من اختلاف الاماكن قد اعتمد علماء هذا الفن ان يحسبوا مكان جرم ذالك الموضع الذي كان يُرى فيهِ لو نُظِر اليهِ من مركز الارض ولنا قواعد لتحويل مراقبات على سطح الارض الى ما كانت لو صارت من المركز وهي مبنية على معرفة زاوية الاختلاف كما يتضح من الشكل



شكل ٦

(٣٣) قد سُمّيت الزاوية اي س الاختلاف الافقي وهي زاوية يقابلها نصف قطر الارض ا ب اس وفي المثلث اغ س لنا هذه النسبة اي

جيب اغ س : جيب غ اس او غ از :: اس : س غ (٨)

وبتحويل النسبة جيب اغ س اي جيب الاختلاف = $\frac{\text{ج غ از} \times \text{اس}}{\text{س غ}}$ واس كمية ثابتة فتتغير قيمة هذه المعادلة بتغيير الكسر $\frac{\text{ج غ از}}{\text{س غ}}$ اما زاوية الاختلاف فصغيرة جدًّا فيُحسَب الجيب مساويًا للقوس فبوضع القوس عوضًا عن جيبها في المعادلة تصير

زاوية الاختلاف = $\frac{\text{ج غ از} \times \text{اس}}{\text{س غ}} \propto \frac{\text{ج غ از}}{\text{س غ}}$ (٩)

اي زاوية الاختلاف تزيد كزيادة جيب زاوية البعد عن سمت الراس وبالقلب كبعد الجرم عن مركز الارض فكلما كان الجرم اقرب الى الافق كانت زاوية الاختلاف اكبر وكلما بعد عن مركز الارض كانت اصغر*

---

* للقمر زاوية اختلاف اكبر من سائر الاجرام السماوية لسبب قربهِ الينا وهي ٥٧′ وليس للسيارات زاوية اختلاف اكبر من ٣٠″ والفرق بين قوس ١° وجيبها ليس باكثر من ١٨ ‴ ٠″ وقد رأينا في المساحة

ثم لما كانت زاوية الاختلاف اغ س كجيب البعد عن سمت الراس فلنفرض ف = الاختلاف الافقي وفَ = الاختلاف على ارتفاع مفروض فوق الافق فلنا

فَ : ف :: جيب البعد عن سمت الراس : جيب ٩٠° (١٠)

وبالتحويل ف = $\frac{\text{فَ} \times \text{ج } ٩٠^\circ}{\text{ج البعد عن سمت الراس}}$ وجيب ٩٠° = ½ق = ١ فلنا

ف = $\frac{\text{فَ}}{\text{ج البعد عن سمت الراس}}$ (١١)

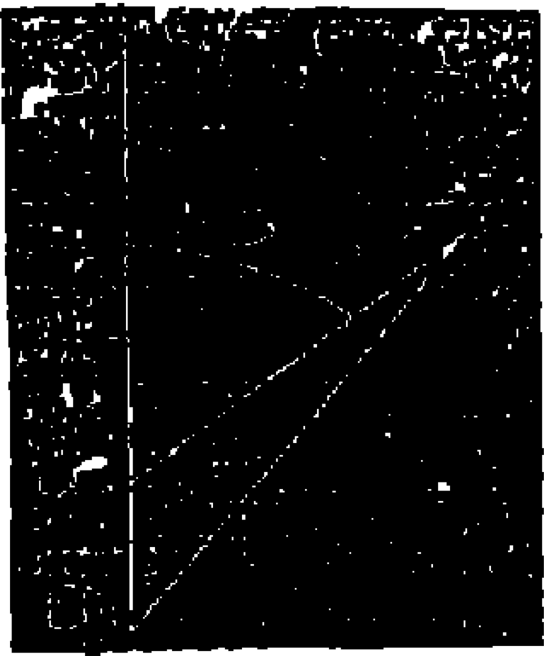
اي الاختلاف الافقي = الاختلاف في الارتفاع مقسومًا على جيب البعد عن سمت الراس

افرض س ف = d (شكل ٦)

ص س = p

زَص ف = Z

ص ف س = z



شكل ٧

فلنا جيب $z = \frac{p}{d} \times$ ج Z (١٢)

ان صارت Z صفرًا يصير $\frac{p}{d}$ صفرًا ايضًا واذا كان الاختلاف صفرًا لاية قيمة فرضت للزاوية Z يكون $\frac{p}{d}$ صفرًا ايضًا اي تغير مكان الناظر لا نسبة حينئذٍ بينهُ وبين بعد الجرم المنظور اليهِ

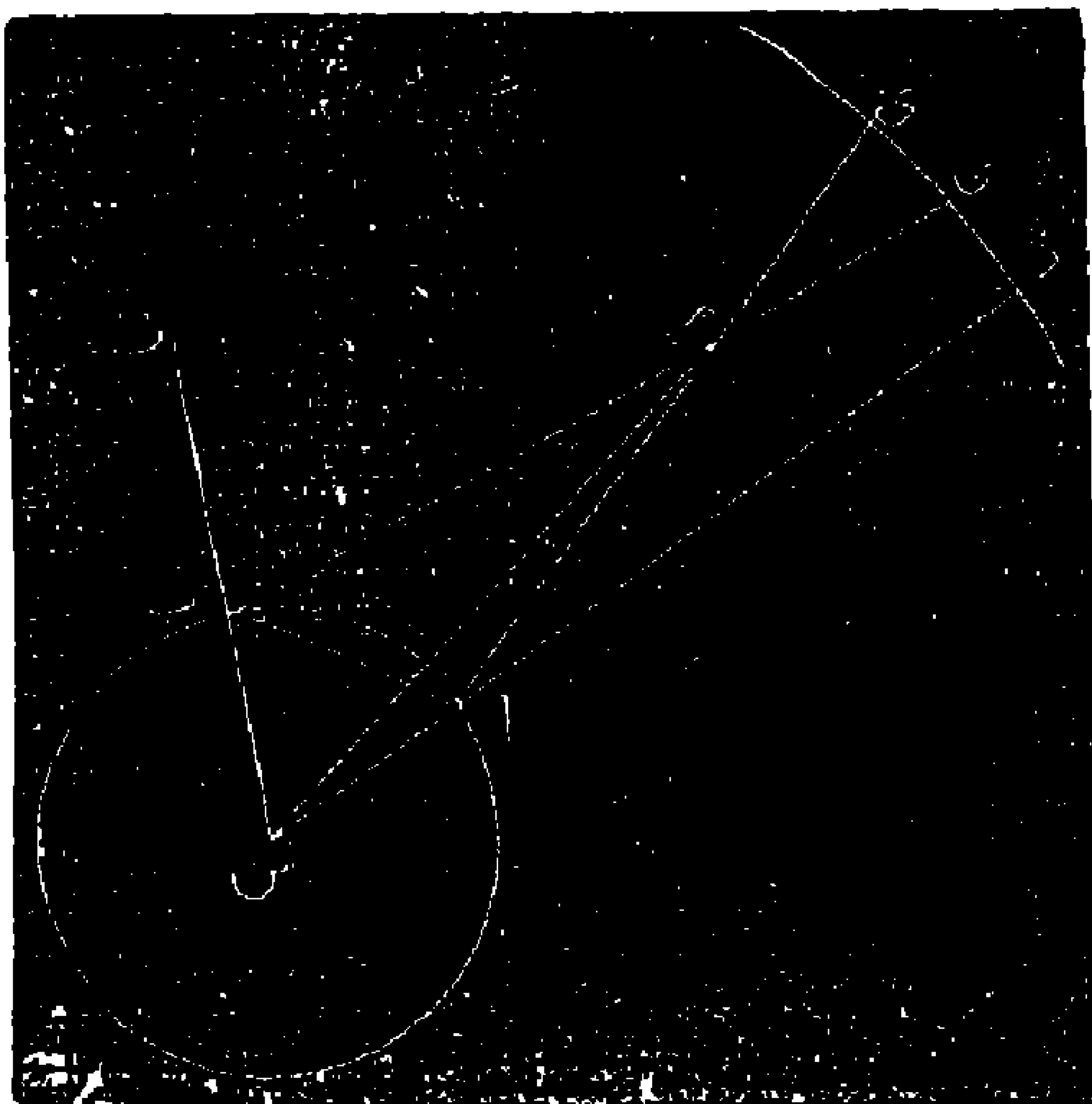
(٣٤) نرى مما سبق انهُ اذا عرفنا زاوية الاختلاف لجرم على ارتفاعٍ ما فوق الافق نستعلم الزاوية التي يقابلها قطر الارض راسها في الجرم وايضًا ان عُرِف الاختلاف الافقي تستعلم منهُ الاختلاف لاي ارتفاع فُرِض لانهُ بالمعادلة السابقة

فَ = ف × ج البعد عن سمت الراس فمتى انتهى جرم الى سمت الراس فلا اختلاف لهُ ومعظم اختلافهِ هو اختلافهُ الافقي فان وُجِد بالمراقبة ان اختلاف القمر وهو على ٥٢° من سمت الراس = ٤٥′ فلنا ج ٥٢° : ½ق :: ٤٥′ : ٥٦′ ٢١″ = اختلافهُ الافقي

(٣٥) يتضح من شكل ٦ ان الاختلاف يرينا جرمًا اوطأ مما هو حقيقةً اي اوطأ مما كان لو نُظِر اليهِ من مركز الارض الا متى كان في سمت الراس فمتى قيس ارتفاع جرم سماوي يجب ان تضاف اليهِ زاوية الاختلاف لكي يُعلم ارتفاعهُ الحقيقي الا النجوم الثوابت التي لا اختلاف لها كما سترى وان قيس ارتفاع جرم عند وصولهِ الى خط نصف النهار يكون لهُ اختلاف في الميل فقط وقبل وصولهِ الى ذلك

ان الفرق بين قوس صغير وجيبها لا يعتد بهِ (انظر كتابي في التعاليم صحيفة ١١٥)

الخط وبعد زواله عنه يكون له اختلاف في الميل اي الى جهة القطب وفي الصعود اي الى جهة الافق احدهما عموديًا على خط الاستواء والآخر على موازاته ونرى ايضًا من الشكل ان الاختلاف يتغير حسب بعد الجرم عن مركز الارض وسوف ترى ان جميع الاجرام السماوية تدور في افلاك هليجية فتكون احيانًا اقرب الى الارض واحيانًا ابعد عنها فيختلف هذا الاختلاف حسب البعد والقرب وان احتجتَ الى معرفة هذا الاختلاف فاطلبهُ من الجداول اليومية للاجرام السماوية المحسوبة لكل سنة بمفردها اذ لا يمكن ان يُصنَع لذلك جدول واحد يصلح لكل السنين كما ستعلم غير انهُ يوضع جدول تقريبي لاختلاف الشمس لان زمان بعدها الابعد وبعدها الاقرب في سنين مختلفة لا يتغير اكثر من يوم واحد وتغيير يوم واحد لا يجعل تغيرًا يُشعَر بهِ في اختلافها والأَولى ان يُؤْخَذ ذلك من الجداول السنوية اما اختلاف الشمس حسب ارتفاعها فوق الافق واختلاف السيارات حسب ارتفاعها وحسب اختلافها الافقي فمدلول عليهِ بالجدول الثالث



شكل ٨

وكيفية عملهِ ان تضرب الجيب الطبيعي للبعد عن سمت الراس في الاختلاف الافقي وعلى هذا السبيل نستعلم الاختلاف للدرجات من الارتفاع غير المذكورة في الجدول

(٣٦) فلنذكر الآن كيفية استعلام الاختلاف الافقي للقمر

ليكن ا و ب (شكل ٨) مكانين على سطح الارض تحت خط واحد من خطوط نصف النهار وليكن احدهما في شمالي اوروبا والآخر في راس الرجاء الصالح وعرض كلٍ منهما معروف فيُعرَف من ذلك القوس اب والزاوية اس ب فليراقَب القمر م من المكانين معًا فعند مروره بالهاجرة يراهُ المراقب ا عند ي والبعد عن سمتهِ = زاوية زاي والمراقب ب يراهُ عند يَ والبعد السمتي = زَبيَ فيُعرَف متمُّ كل واحدة منهما اي ماس مبس ثم في المثلث المتساوي الساقين اس ب استعلم الزاوية ا والزاوية ب والضلع اب واطرح احداهما من ماس مبس تبقَ مبا ماب اما اب فمعروف فيستعلم ام وبم ثم في المثلث امس لنا الزاوية عند ا وام واس فتستعلم امس وهي الاختلاف لمقام عند ا وللبعد السمتي زاي

وان لم يكن المراقبان على هاجرة واحدة

فلنفرض ە = تغير البعد السمتي بين تكبد بن

λ = فرق الطول بين الماجرتين

δ′ = تغير البعد السمتي في المرور من ماجرة الى ماجرة فلنا

$$٢٤^{س} : δ :: λ : δ' = \frac{δ \times λ}{٢٤^{س}} \quad (١٢)$$

ان كان البعد السمتي تحت زيادة في المقام الشرقي يضاف δ′ الى البعد السمتي في ذلك المقام والاَّ فيُطرَح فهو البعد الذي للمراقب على المقام الغربي

وعلى هذه الكيفية استعلم لاكايل ولالاند الفرنساويان اختلاف القمر الافقي وكان الواحد منهما في راس الرجاء الصالح والآخر في برلين وهكذا أُستُعلِم ايضًا اختلاف المريخ بمراقبة لاكايل في راس الرجاء الصالح وورجنتين في استوكهولم

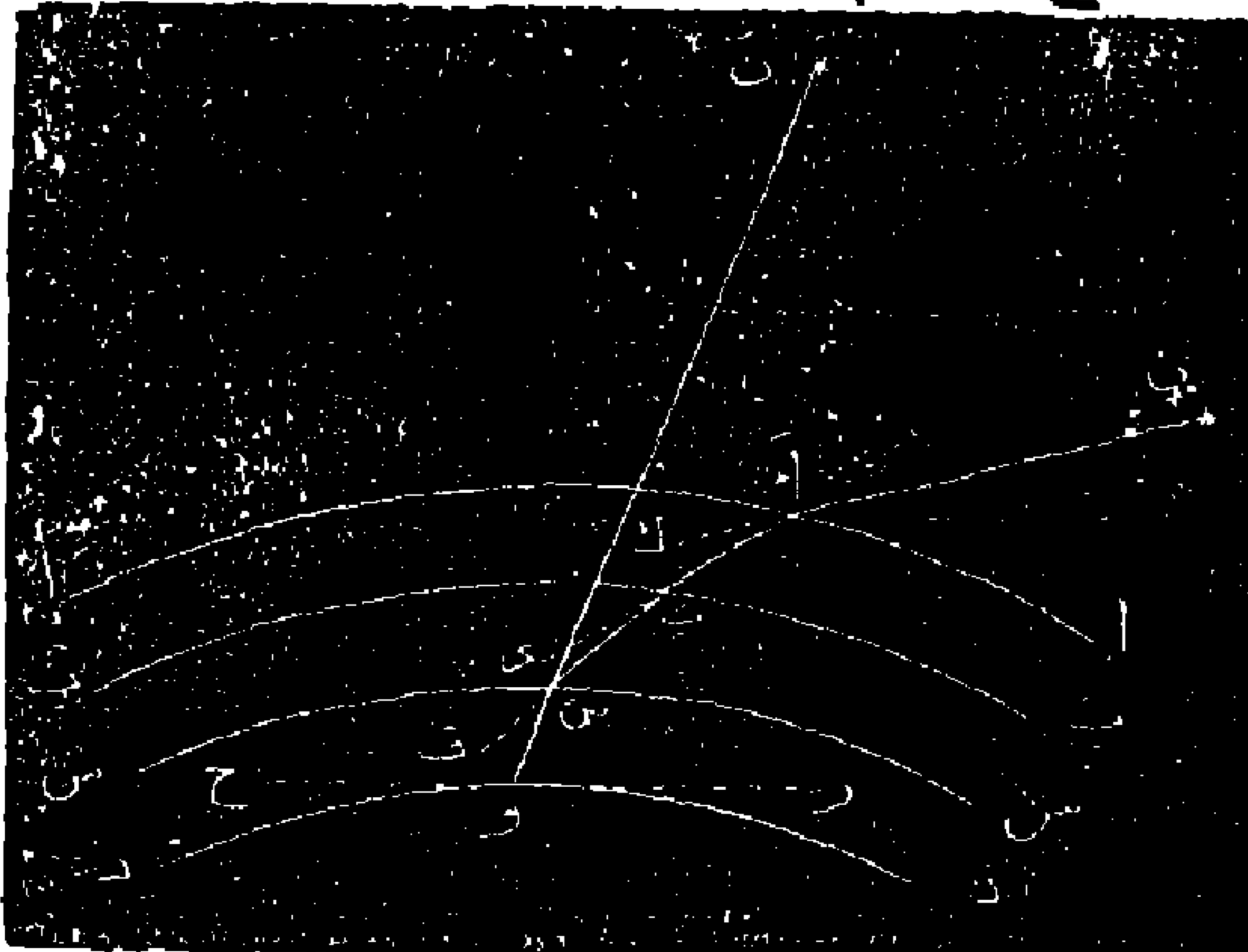
(٢٧) اختلاف الشمس الافقي لا يستعلم بهذه الواسطة لسبب بعدها وصغر زاوية اختلافها بل يستعلم بمراقبة عبور الزهرة على وجه الشمس وسياتي الكلام بذلك في موضعهِ

(٢٨) ان معرفة الاختلاف الافقي لجرم سماوي امر معتبر اذ بهِ نستعلم بعد الجرم عن مركز الارض مثالهُ ان عرفنا الزاوية اي س (شكل٦) ونصف قطر الارض معروف فلنا في المثلث اي س زاوية قائمة عند ا (وان لم تكن قائمة في الشكل) وبقية الزوايا والضلع اس فنستعلم بالسهولة الوتر س ي اي بعد الجرم عن مركز الارض

تنبيه . اختلاف الشمس الافقي لا يزيد عن ٩″ واختلاف بعض السيارات اقل من ذلك

في الانكسار

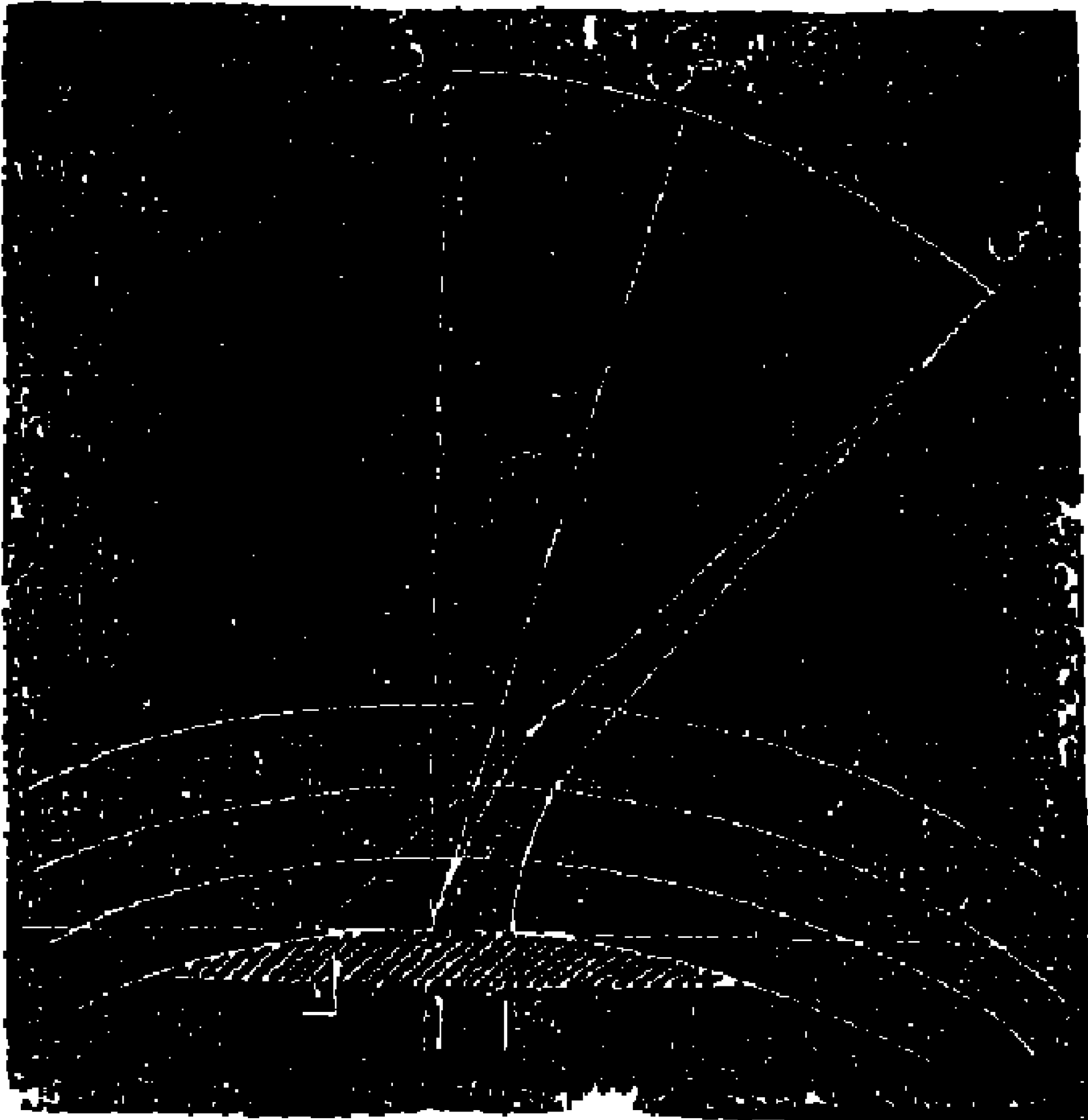
(٢٩) قد راينا ان الاختلاف يخفض ارتفاع الاجرام السماوية الظاهر واما الانكسار فيزيد ارتفاعها الظاهر وهو يفعل في البعيدة والقريبة على حدٍّ سواء لانهُ يحصل من انكسار شعاع النور الواصلة الى العين بواسطة مرورها في كرة الهواء فلنفرض كرة الهواء مركبة من صفائح منضدَّة مثل اا ب ب س س د د (شكل ٩) ونعلم ان الهواء يزداد كثافةً كلما اقترب الى سطح الارض وبالنتيجة تزيد قوَّتهُ لكسر الشعاع



شكل ٩

فليكن ن نجمًا ولنقع منهُ شعة ن ك ولتدخل الهواء عند اَ فتنكسر الى جهة اَي وعند بَ اذ

يكون الهواء قد زاد كثافةً تنكسر الى جهة بَ ف وعند سَ الى جهة و فيتراءا النجم في جهة وسَ اي عند نَ ويكون مرور الشعة على قوس دائرة من اَ الى ى



شكل ١٠

(٤٠) متى كان جرم سماوي في سمت الراس تقع الشعاع منهُ عمودية على كرة الهواء فلا تنكسر ويكون الانكسار على معظمهِ متى كان الجرم في الافق واذ كان مقدارهُ متعلقا على نوعٍ ما بكثافة الهواء فيزيد او يقل بالنسبة الى كثافة الهواء وهي تختلف باختلاف الحرارة والعلو فيختلف الانكسار باختلاف البارومتر والثرمومتر

(٤١) لنفرض (شكل ١٠) ز = زَاصَ = البعد عن سمت الراس المعروف بالرصد

ر = ص اصَ = الانكسار لذلك البعد عن سمت الراس

ع = علو الزيبق في البارومتر

ح = حرارة الهواء بالثرمومتر

ث = مسمّى تمدد الهواء لكل درجة فارنهيت

ب = مسمّى تمدد الزيبق لكل درجة فارنهيت

فحسب عبارة لِترو المعتمد عليها الآن

$$\text{ر} = 83'\,57'' \times \frac{\text{ع}}{30} \times \frac{1+(50-\text{ح})\times\text{ب}}{1+(\text{ح}-50)\times\text{ث}} \times \text{مماس ز} \times \left(1 - 0'0012517 \times \text{قاطع}^2\text{ز} + 0'0000139 \times \frac{2+\text{ج}^2\text{ز}}{\text{ن ج}^4\text{ز}}\right) \quad (14)$$

ويجوز ترك الضلع الاخير من هذه العبارة الَّا اذا كان البعد السمتي كثيرًا . متى كان ع = ٣٠ وح = ٥٠ تصير العبارة بعد ترك الضلع الاخير

$$\text{معدل ر} = 83'\,57'' \times \text{مماس ز} \times (1 - 0'0012517 \times \text{قاطع}^2\text{ز}) = A \quad (15)$$

الحاصل من هذه العبارة مهما كانت قيمة ز سُمّي معدل الانكسار اي ما كان لو كان البارومتر على ٣٠ والثرمومتر على ٥٠

ولغير ذلك من البارومتر والثرمومتر

$$ر = A \times \frac{ع}{٣٠} \times \frac{١ + (ح - ٥٠) \times ب}{١ + (ح - ٥٠) \times ت} \qquad (١٦)$$

وبالانساب $نسب\ ر = نسب\ A + نسب \frac{ع}{٣٠} + نسب \frac{١ + (ح - ٥٠) \times ب}{١ + (ح - ٥٠) \times ت} \qquad (١٧)$

وبافتراض قيمة ز مختلفة بين صفرْ و٩٠ْ وع بين ٢٨ و٣١ قيراطًا وح بين ٨٠ْ و٢٠ْ ف تُحسب انساب هذه الكميات وتُقيَّد في جدول للاستعمال تحت اسم Z و t و h (انظر الجدول الرابع والخامس والسادس)

واذا جُعِلت ز تختلف بين ٧٥ و٩٠ْ وع=٣٠ وح=٥٠ يُحسب جدول آخر للانكسار بقرب الافق غير انهُ اذا زاد البعد السمتي عن ٨٠ْ قلما يعتمد على جداول الانكسار لانهُ حينئذٍ لا يتوقف على حال الهواء من جهة الكثافة والحرارة

مثال . بعد جرم عن سمت الراس بالرصد ٧١ْ ٣٦ʹ ٠٠ʺ والبارومتر ٢٩٫٧٦ قيراطًا والترمومتر ٤٣ْ ف مطلوب الانكسار

بالجدول الرابع معدل الانكسار نسب	٢٫٣٢٦٠٩
" الخامس البارومتر ٢٩٫٧٦	٩٫٩٩٦٥١
الترمومتر ٤٣ْ	٠٫٠٠٦٦٨
	٢٫٣٢٩٢٨ = ١٧٢٫٤٩ʺ = ٢ʹ ٥٢٫٤٩ʺ

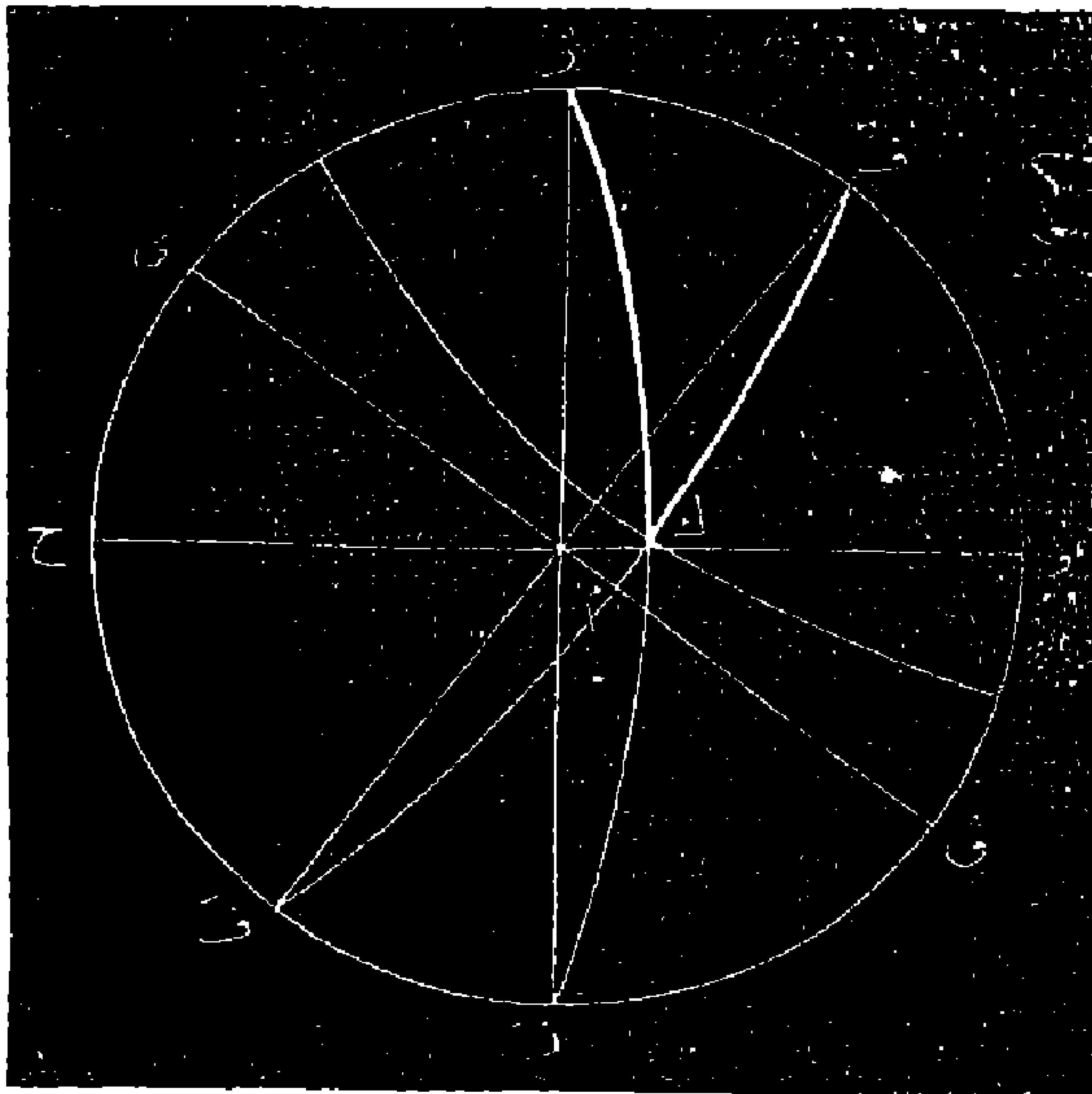
البعد بالرصد	٧١ْ ٣٦ʹ
الانكسار	٢ ٥٢٫٤٩ʺ
البعد الحقيقي عن سمت الراس	٧١ْ ٣٨ʹ ٥٢٫٤٩ʺ

(٤٣) لننظر الآن الى كيفية استعلام الانكسار من رصد الاجرام السماوية ولنفرض مقامنا في عرض شمالي ٤٨ْ او ٥٠ْ او ٦٠ْ حيث يمرُّ بعض نجوم دائرة الظهور الدائم في سمت الراس ولنقيس بعد جرمٍ منها عن القطب متى كان في سمت الراس ثم بعدهُ من القطب متى كان على خط نصف النهار تحت القطب فلولا الانكسار لكان البعدان متساويين ومن جراء الانكسار يكون البعد الاسفل اقل من الاعلى والفرق بينهما هو الانكسار لدرجة ارتفاعهِ فوق الافق عند تكبدهِ الاسفل

مثالهُ . في مدينة باريز ٤٨ْ ٥٠ʹ عرض شمالي كان نجمٌ على خط نصف النهار ٦ʹ من سمت الراس شمالاً فكان بعدهُ عن القطب اذًا ٤١ْ ٤ʹ لان سمت الراس لباريز = ٩٠ْ − ٤٨ْ ٥٠ʹ = ٤٢ْ ١٠ʹ و٤١ْ ١٠ʹ − ٦ʹ = ٤١ْ ٤ʹ ولما كان على خط نصف النهار تحت القطب كان بعدهُ عنهُ

٤٠° ٥٧′ ٣٥″ اطرحها من ٤١° ٤′ يبقَ ٦′ ٢٥″ وهو الانكسار لارتفاع ٧° ٤٦′ اي ٤٨° ٥٠′ — ٤١° ٤′ فان كثرت قياسات نظير هذه في اماكن مختلفة نجد الانكسار لدرجات مختلفة من الارتفاع ومن ذلك نستنتج قاعدة نقصانه من الافق فصاعدًا

(٤٣) لنا واسطة اخرى لاستعلام الانكسار وهي هذه. ليكن ف (شكل ١١) القطب و ي ق خط الاستواء ز عرض مكان فمن مقامك في ز قس ارتفاع الشمس او جرم آخر ميلهُ معروف ولنفرضهُ عند ك مثلاً فعيِّن ارتفاعهُ والوقت من النهار ثم عين وقت وصوله الى خط نصف النهار لمكانك ز وفضلة الوقتين هو زمان مرور الجرم في القوس ك ز وهي قياس الزاوية ك ف ز واذ كان العرض اي ز ي معروفًا يُعرَف ايضًا متمة اي ف ز وميل الجرم معروف اي ك م فيعرف ايضًا متمة ف ك فلنا في المثلث ز ف ك الزاوية ز ف ك والضلعان ز ف ف ك ومنها نستعلم ز ك اي متمّ الارتفاع اطرحهُ من ٩٠° فيكون لك الارتفاع الحقيقي والفرق بينهُ وبين الارتفاع الظاهر هو مقدار الانكسار لذلك الارتفاع

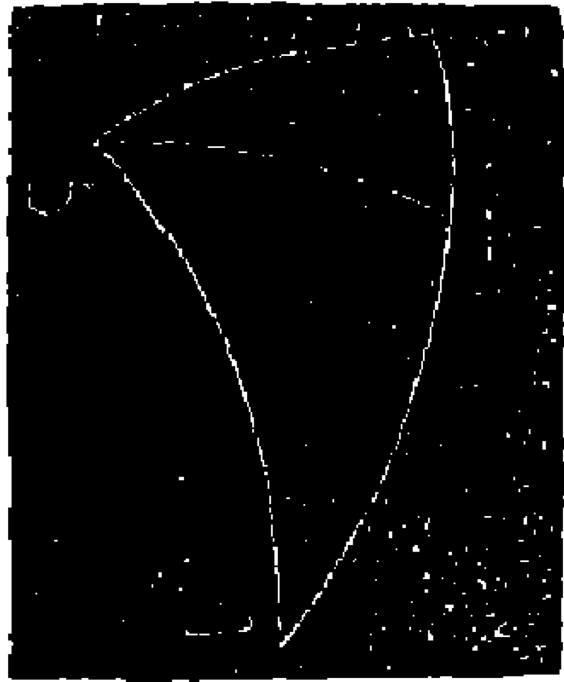


شكل ١١

مثالهُ. في النهار الاول من شهر آيار سنة ١٧٣٨ في ٥ س ٢٠ د صباحًا في مدينة باريز عرض ٤٨° ٥٠′ ١٠″ شمالي وجد الفيلسوف كاسيني ارتفاع مركز الشمس ٥° ٠′ ١٤″ وكان ميلها وقتئذٍ ١٥° ٠′ ٣٥″ شمالي فما هو الانكسار

بحساب المثلثات الكروية نستعلم الضلع ز ك = ٨٥° ١٠′ ٨″ فكان الارتفاع الحقيقي ٤° ٤٩′ ٥٢″ ثم اضف الاختلاف ٩″ الى الارتفاع الظاهر اي ٥° ٠′ ١٤″ يصير ٥° ٠′ ٢٣″ واطرح منهُ الارتفاع الحقيقي اي ٤° ٤٩′ ٥٢″ يبقَ ١٠′ ٣١″ وهو الانكسار عند ٥° ٠′ ١٤″ من الارتفاع الظاهر

(٤٤) نرى بين هذا الانكسار والمذكور في الجدول للارتفاع المفروض فرقًا وربما حصل من عدم التدقيق في معرفة الاختلاف في ذلك الوقت وقد فصلنا هذا العمل فترى مقدار الانكسار على موجب ما فصلناهُ هنا اقرب الى الجدول من المذكور اعلاه. في المثلث ا ب س (شكل ١٢) مفروض متمّ العرض ا س = ٤١° ٩′ ٥٠″ ومتمّ الميل ا ب = ٧٤° ٥٩′ ٢٥″ والزاوية ا = ٦ س ٤٠ د = ١٠٠° كالما ٨٠° من س احدى الزوايا المجهولة ارسم س د عمودياً على ا ب بعد اخراجهِ ثم بحساب المثلثات الكروية


شكل ١٣

½ق : نج ا :: مماس اس : مماس اد اضف اد الى اب فلنا ب د ثم قل

نج اد : نج ب د :: نج اس : نج ب س

ثم لاستعلام اد

نج ا = ١٠٠ ْ = كالها ٨٠ ْ = ٩٫٢٣٩٦٨٠

مماس اس = ٤١ ْ ٩ َ ٥٠ ً = ٩٫٩٤١٦٧١

٩٫١٨١٣٤١ = مماس اد = ٨ ْ ٣٧ َ ٥٨ ً

اد = ٨ ْ ٣٨ َ ٥٨ ً

اضف له اب = ٧٤ ْ ٥٩ َ ٣٥ ً

٨٣ ْ ٣٧ َ ٣٣ ً = ب د

لاستعلام ب س

نج ب د ٨٣ ْ ٣٧ َ ٣٣ ً = ٠٫٠٤٥٤٠٤

نج اس ٤١ ْ ٩ َ ٥٠ ً = ٩٫٨٧٦٦٩٧

١٨٫٩٢٢١٠١

اطرح نج اد ٨ ْ ٣٧ َ ٥٨ ً ٩٫٩٩٥٠٥٢

٨٫٩٢٨٠٤٩ = نج ب س = ٨٥ ْ ٩ َ ٣ ً

اطرحهُ من ٩٠ ْ ٠ َ ٠ ً

٨٥ ْ ٩ َ ٣ ً

٤ ْ ٥٠ َ ٥٧ ً = الارتفاع الحقيقي

ثم ان اختلاف الشمس في ايار = ٨٫٥٠ ً

اصلح بذلك الارتفاع الظاهر ٥ ْ ٠ َ ٠٠٫١٤ ً

الاصلاح للاختلاف = ٨٫٤٧ ً

٥ ْ ٠ َ ٤٧٫٢٢ ً = الارتفاع الظاهر بعد الاصلاح للاختلاف

اطرح الارتفاع الحقيقي ٤ ْ ٥٠ َ ٠٠٫٥٧ ً

٠ ْ ٩ َ ٤٧٫٢٥ ً = الانكسار

وذلك يوافق ما في الجدول تقريبًا

اما زيادة رطوبة الهواء او قلتها فلا تفعل في الانكسار لان الرطوبة تزيد لطافة الهواء بنفس ما

تزيدهُ قوةً للانكسار فيقلّل الانكسار باللطافة بمقدار ما يُزاد بالرطوبة

(٤٥) بواسائط نظير ما ذُكِر نستعلم الانكسار لكل درجة من الارتفاع الظاهر ومتى قيس ارتفاع جرم سماوي يجب اضافة الاختلاف اليهِ وطرح الانكسار منهُ لنعلم الارتفاع الحقيقي ويجب ايضاً مراعاة حال البارومتر والترمومتر لكي يُعرَف الانكسار بالتدقيق

(٤٦) نرى من الجدول ان الانكسار في الافق = ٣٣ʹ تقريبًا ولكن قطر الشمس وقطر القمر هما اقل من ذلك فيظهران لنا صباحًا قبل طلوعها ومساء بعد غروبهما حقيقةً

(٤٧) نرى الشمس احيانًا كثيرة متى كانت في الافق تتغير عن هيئة الاستدارة وتصير هليلجية خاصةً اذا كان على وجهها غيوم رقيقة بوجودها نستطيع ان نؤكّد هيئة الشمس وسبب ذلك انما هو الانكسار لان الجزء الاسفل من الشمس يرتفع بالانكسار اكثر من الجزء الاعلى منها لزيادة الانكسار بقرب الافق فيقصر قطرها القائم ويطول قطرها الافقي وهذا التغيير ظاهر في الجبال اكثر من السهول لزيادة ميل وقوع الشعاع على كرة الهواء في الجبال وفي ايام البرد اكثر من ايام الحرّ لزيادة كثافة الهواء بالبرد فتزاد بذلك قوتهُ لتكسير الشعاع وقد شوهد قصر القطر القائم ٦ʹ اي $\frac{1}{5}$ القطر كلهِ وفي بعض الاماكن الشمالية الباردة جدًا يقصر اكثر من ذلك

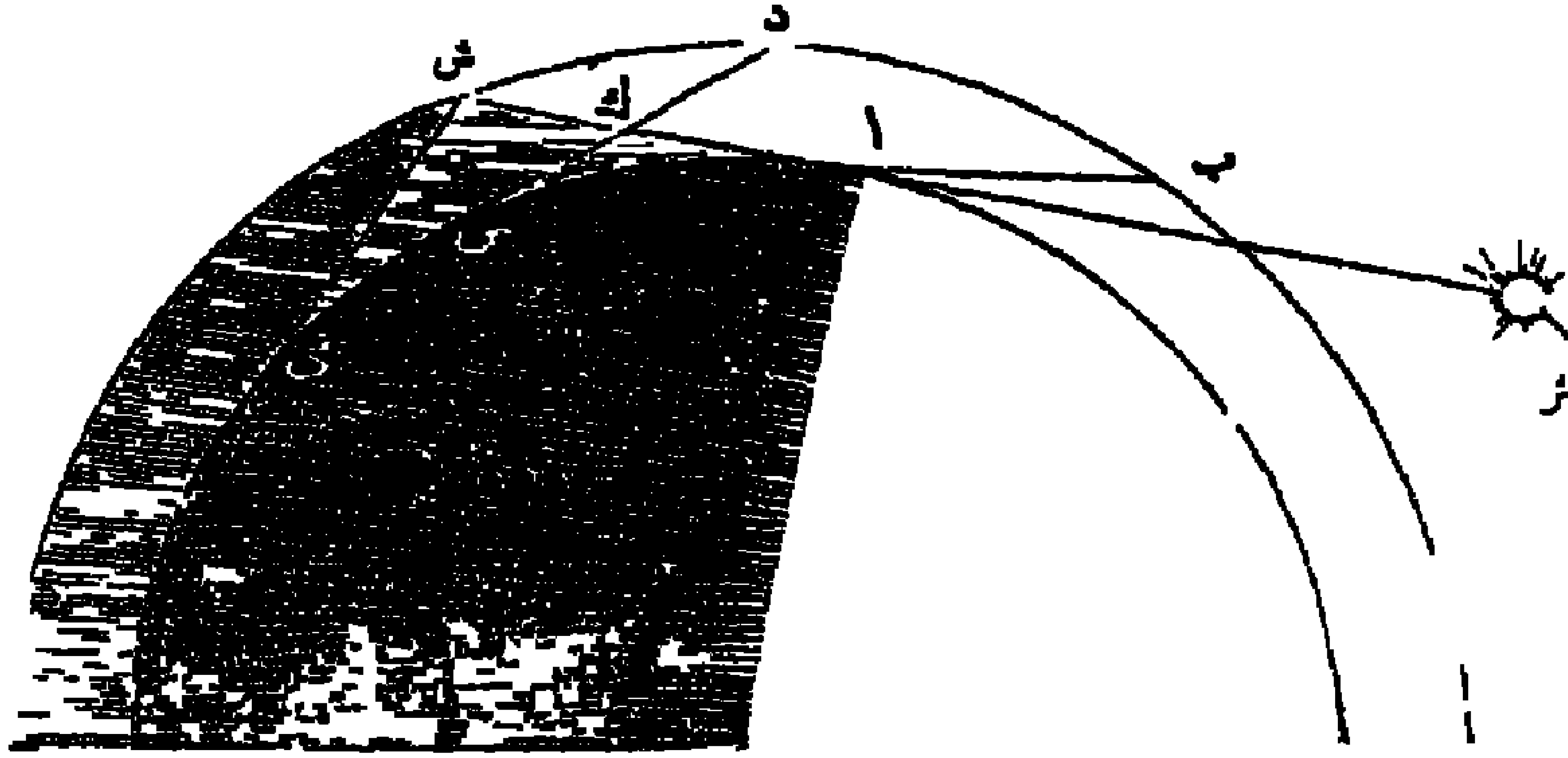
(٤٨) يترايا لنا احيانًا كانَّ الشمس والقمر وهما في الافق اكبر منهما عند وصولهما الى الهاجرة مع انهما اقرب الينا اذا كانا على خط نصف النهار فكان يُظَنّ انهما يظهران اكبر عند ذلك ولا يقاس فرقًا بين قطر الشمس في الوقتين بادق القياسات ولكن الفرق ظاهر في القمر اذ يُرَى قطرهُ على خط نصف النهار اطول منهُ في الافق فسبب ظهورهما عند الافق اكبر يتضح من النظر الى حكم الحواس بالاشباح الارضية لاننا نحكم على بعد جرم وبالنتيجة على مقدارهِ ليس فقط من زاوية النظر بل ايضًا من كثرة الاشباح الواقعة بين العين والشبح المنظور او قلتها ومتى كان الشمس او القمر في الافق يقع بينهما وبين العين اشباح كثيرة فنحكم بانهما ابعد عنا وننسب لهما جرمًا اكبر بالنسبة الى ذلك والامر خلاف ذلك متى كانا على خط نصف النهار ويبرهن ذلك من انهُ اذا نظرنا اليهما من وراء زجاجة مدخنة لا نرى فرقًا في قطر احدهما في الوقتين

في الشفق

(٤٩) يراد بالشفق النور بين الفجر وطلوع الشمس وبين غروبها والعتمة ومقدارٌ منهُ حاصل من الانكسار كما تقدم واكثرهُ من الانعكاس لانهُ متى كانت الشمس اقرب من ١٨° الى الافق قبل طلوعها او بعد غروبها يصل الينا شيء من نورها ولا يكون ذلك الا من الانعكاس

ليكن اب (شكل ١٢) افق ناظر مقامهُ عند ا و ش‌ش شعة من الشمس متى كانت تحت

الافق درجتين او ثلاث درجات فالناظر عند ا يرى القطعة من الهواء اب ش مضيئة والناظر عند س افقة س د لا يرى سوى قطعة دك ش مضيئة والناظر عند ي افقة ي ش لا شفق لهُ



شكل ١٢

(٥٠) قد تقدم ان الشفق يبتدئ صباحًا وينتهي مساء عند وصول الشمس الى ١٨° تحت الافق وقد عُيّن هذا الحد من مراقبة الوقت بين الغياب واول ظهور النجوم الصغار في جهة الشفق وهو ساعة واحدة و١٢ دقيقة = ١٨° هذا عند خط الاستواء حيث تكون جميع الدوائر اليومية عمودية على الافق وعند القطب يبقى الشفق طالما كانت الشمس اقرب الى خط الاستواء من ١٨° وميل الشمس لا يزيد عن ٢٣° ٢٧′ ٤٧″ فتكون ظلمة كاملة عند القطب في مدة مرور الشمس على ٥° ٢٧′ ٤٧″ ميلاً قبل وصولها الى المدار وبعدهُ وان أُضيف الى ذلك الانكسار وطُرِح الاختلاف لا يبقى سوى ٧٠ يومًا ظلمة كاملة عند القطب فيكون الانتقال من نهار الى ليل ومن ليل الى نهار شيئًا فشيئًا مدة طويلة ثم في الكرة المائلة اي بين خط الاستواء والقطب يطول وقت الشفق بالنسبة الى بعد المكان عن القطب المرتفع

(٥١) نرى في قوة الهواء لتكسير النور وتعكيسهِ شيئًا من حكمة الخالق ورحمتهِ لانهُ لولا ذلك لما امكننا ان نرى شيئًا الَّا ما وقع عليهِ نور الشمس نفسهُ ولكانت ظلمة دائمة كلما جلسنا تحت ظل او كلما احتجبت الشمس عنا بسحابة ولانتقلنا من نهار الى ليل ومن ليل الى نهار بغتةً. وفي اماكن مرتفعة حيث الهواء لطيف وقوتهُ على التعكيس قليلة يُرَى لون الفلك مسودًّا واحيانًا تظهر النجوم بالنهار

مسائل على الكرة

لاستعلام بداءة الشفق ونهايتهِ في مكان مفروض ليوم مفروض

استعلم ميل الشمس للوقت المفروض وارفع القطب الشمالي او الجنوبي حسب كون الميل شماليًا او جنوبيًا وركب ربع الارتفاع على درجة ميل الشمس ثم قدم المكان المفروض الى المنطقة النحاسية وضع العقرب على ١٢ ثم ادر الكرة شرقًا حتى يقع المكان تحت الافق فيدل العقرب على وقت الغروب

ثم ادرها ايضًا الى ان يصير المكان ١٨° تحت الافق حسب ربع الارتفاع فيدل العقرب على وقت انتهاء الشفق مساء وبالعكس تُعرف بداءته صباحًا

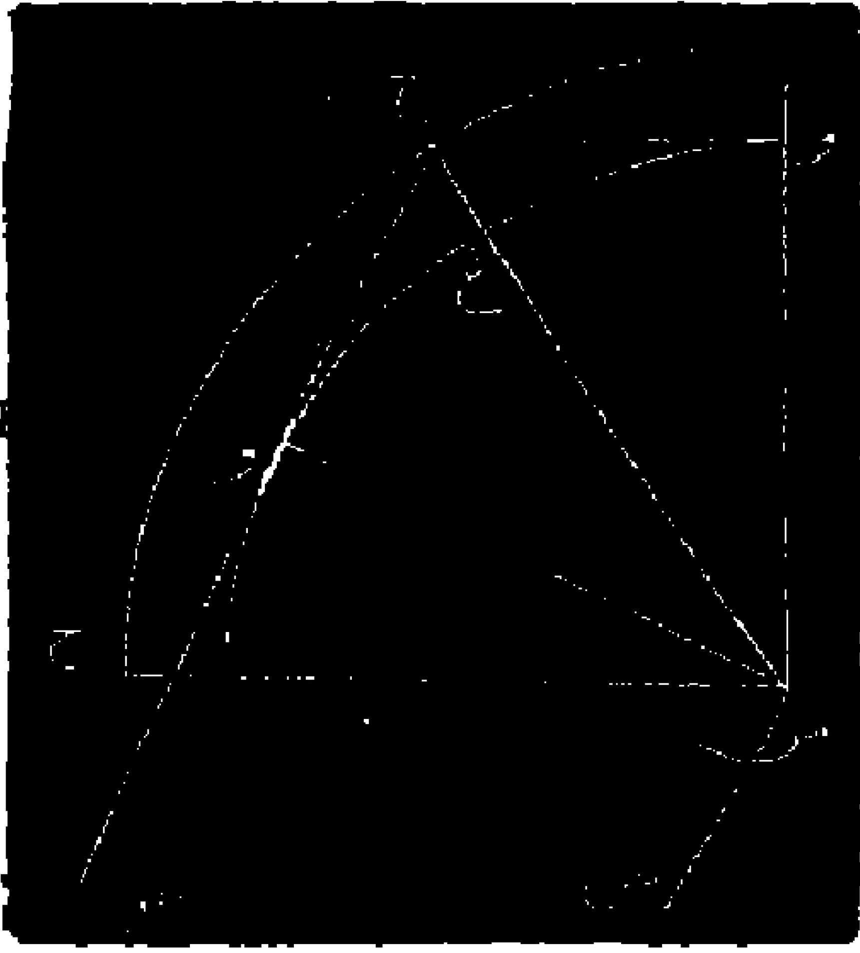
كم يومًا يبقى الشفق طول الليل في لندن — في بطرسبرج

هل يمكن ان يدوم الشفق من الغروب الى الشروق في عرض القسطنطينية

كم يومًا يبقي الشفق عند القطب

(٥٢) اننا بواسطة الشفق نستعلم علو كرة الهواء او بالاحرى ذلك الجزء من كرة الهواء الذي تكفي كثافته لتعكيس النور الينا بما يُشعَر بهِ

ليكن س (شكل ١٤) مركز الارض و و مقام ناظر على سطحها و ص ح جهة وقوع الشعاع عند آخر الشفق اي متى جعلت مع الافق حَ س صَ = ١٨° فيكون اعلى كرة الهواء الذي منهُ ياتي الشفق في الافق عند ح و ص ح ماس لسطح الارض ثم ان رُسِم نصف القطر س و والقاطع س ح تكون الزاوية وَس و = حَ س صَ = ١٨° والزاوية ح س و = ٩° وقاطع ٩° حسب الجداول = ١٠٠١ ان حُسِب نصف القطر واحدًا . اطرح من القاطع س غ اي ١ يبقى $\frac{1}{100}$ من نصف قطر الارض فان حسبنا القطر ٧٩١٢٤ ميلاً نصفهُ = ٣٩٥٦٢ ÷ ١٠٠ = ٣٩٥٦ ميلاً اي علو كرة الهواء غير ان فعل كرة الهواء في الخسوف واشتعال النيازك يدلُّ على وجود هواء على علو ٥٠٠ ميل من سطح الارض وان كان على غاية اللطافة



شكل ١٤

الفصل الرابع

في الوقت والحساب السنوي

(٥٣) الوقت مقدار من الدهر ويقاس بكل ما يقسم مقدارًا من الدهر الى اجزاء متساوية كخطران رقاص او ساعة رملية وما يشبه ذلك

(٥٤) القياس الاصلي للوقت هو زمان دوران الارض على محورها مرة واحدة وهو واحدٌ ابدًا كما عُلِم من ادق المراقبات وزمان دوران الارض على محورها مرة واحدة يتعين بدوران نجم من الهاجرة

الى ان ينتهي اليها ايضًا وقد سميت تلك البرهة يومًا نجميًا وانقسم الى ٢٤ ساعة نجمية ومن المراقبات في عصور مختلفة من اماكن كثيرة قد تاكد ان هذه المدات متساوية ابدًا

(٥٥) الوقت الشمسي يُحسَب من دوران الشمس الظاهر من الهاجرة الى رجوعها اليها ايضًا فلو كانت الشمس ثابتة كنجم ثابت لكان الوقت الشمسي والنجمي واحدًا اما الشمس فتنتقل شرقًا ٣٦٠° في ٣٦٥,٢٤ يومًا اي درجة واحدة تقريبًا كل يوم وبالتدقيق ٥٩′ ٣٥″ ٨‴ اي الارض تكمل دورانها السنوي في ٣٦٥ يومًا ٥ ساعات ٤٨ دقيقة ٥١,٦١ ثانية

$$\frac{٣٦٠°}{٣٦٥\ \text{يومًا}\ ٥^{س}\ ٤٨^{د}\ ٥١,٦١^{ث}} = ٥٩'\ ٣٥''\ ٨'''$$

اي في مدة دوران الارض مرة واحدة على محورها تكون الشمس قد انتقلت من خط نصف النهار نحو الشرق فيبقى مقدار ذلك التقدم للارض ان تدورهُ قبل وصول الشمس الى خط نصف النهار ايضًا اي ان تدور الشمس بالظاهر لاجل اتمام يوم شمسي ٣٦٠° ٥٩′ ٣٥″ ٨‴ ثم

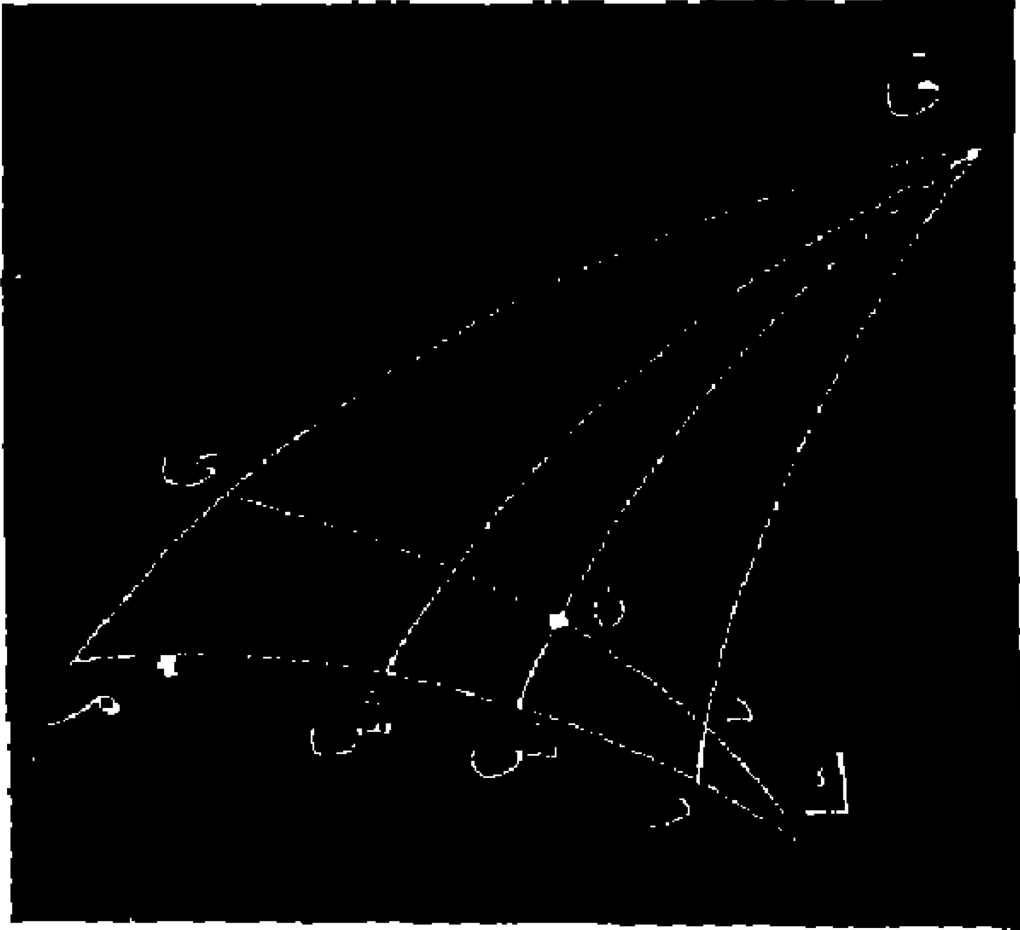
٣٦٠° ٥٩′ ٣٥″ ٨‴ : ٥٩′ ٣٥″ ٨‴ :: ٢٤س : ٣د ٥٥,٩ث

اي زيادة اليوم الشمسي على النجمي او بالتدقيق ٣د ٥٥,٩٠٩١ اي كنسبة ١ : ١,٠٠٢٧٣٧٩ فلتحويل الوقت الشمسي الاوسط الى وقت نجمي اضربهُ بالعدد المشار اليهِ اي ١,٠٠٢٧٣٧٩ وان حسبنا اليوم النجمي ٢٤ ساعة يجب ان نحسب اليوم الشمسي ٢٤س ٣د ٥٥,٩١ث وقد جرت العادة ان يُحسَب اليوم الشمسي ٢٤س وان تُطرَح الفضلة المذكورة من اليوم النجمي فيبقى ٢٣س ٥٦د ٤,٠٩ث

(٥٦) لو كانت حركة الشمس في دائرة البروج على التساوي ابدًا لكانت الفضلة المذكورة هي الفرق بين اليوم الشمسي والنجمي ابدًا ولكن الشمس تارةً تبطو واخرى تسرع كما سياتي بيانهُ والاقواس من خط الاستواء ومن دائرة البروج الواقعة بين خطين من خطوط نصف النهار ليست متساوية كما سياتي شرحهُ والمدة بين انتقال الشمس من خط نصف النهار الى ان تعود اليهِ سمي وقتًا ظاهرًا وهذه الازمنة غير متساوية كما ذُكِر فتكون الايام الشمسية غير متساوية

(٥٧) ثم لكي نحصل على قياس ثابت للوقت نتوهم شمس وهمية تتحرك على خط الاستواء على التساوي فتكون المدة بين انتقالها من خط نصف النهار حتى تعود اليهِ ايضًا معدل طول الايام الشمسية في مدار السنة وسُمّي الوقت الاوسط وهذه الشمس الوهمية تارةً تسبق الحقيقية واخرى تتأخر عنها كما سياتي بيانهُ فلا يمكننا ان نعرف الوقت الاوسط من مراقبة الشمس الوهمية بل نعرف الوقت الظاهر من مراقبة الحقيقية ثم ان حسبنا كمية تقدم الوهمية على الحقيقية او تأخرها عنها فتضاف الى الوقت الظاهر او تُطرَح منهُ فلنا بذلك الوقت الاوسط وقد سُمّي هذا المضاف او هذا المطروح معادلة الوقت

ليكن ق (شكل ١٥) القطب و ق م قوساً من خط نصف النهار وك م قوساً من خط الاستواء وك ي قوساً من دائرة البروج وك الاعتدال الحقيقي و د الاعتدال الاوسط و ر الاعتدال الاوسط محوّلاً الى خط الاستواء و ن الشمس الحقيقية و شَ الشمس الوهمية فيكون م ق ش الوقت الظاهر الشمسي و م ق شَ الوقت الاوسط الشمسي وك ش الصعود المستقيم للشمس الحقيقية و ك ر معادلة الاعتدال في صعود مستقيم



شكل ١٥

افرض ع = ش شَ = معادلة الوقت

" ص = ك ش = ص مستقيم للشمس الحقيقية

" ط = ر شَ = طول الشمس الاوسط

" ق = ك ر = معادلة الاعتدال في صعود مستقيم

فلنا من الشكل

ع = ص − (ط + ق) (١٨)

اي معادلة الوقت تعدل صعود الشمس المستقيم الا مجتمع طول الشمس الاوسط مع معادلة الاعتدال في صعود مستقيم

اذا كان صعود الشمس المستقيم اكثر من الطول الاوسط بعد اصلاحه بمعادلة الاعتدال تضاف معادلة الوقت الى الوقت الظاهر لاجل معرفة الوقت الاوسط والّا فتُطرَح منهُ

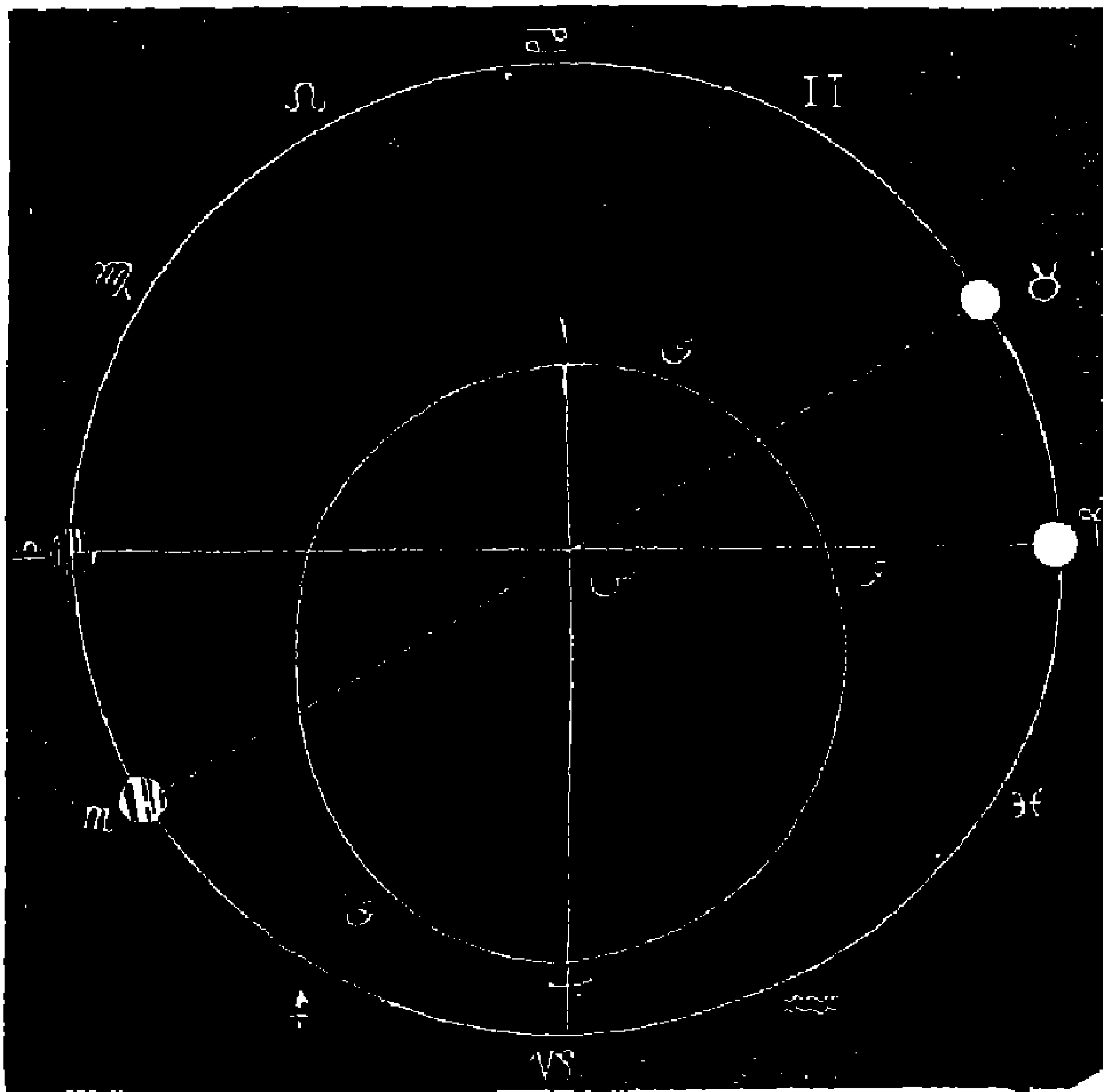
تنبيه . يجب ان نميز بين اليوم الاعتيادي المحسوب من نصف الليل الى الظهر ١٢ ساعة ومن الظهر الى نصف الليل ١٢ ساعة واليوم عند علماء الهيئة فانهُ محسوب من الظهر الى الظهر ٢٤ ساعة مثالهُ اليوم الاول من كانون الاول الاعتيادي يبتدئ من نصف الليل واليوم الثاني من نصف الليل التالي وعند علماء الهيئة يبتدئ الظهر والثاني يبتدئ في اليوم الثاني الظهر فلو قيل ١٢ يوماً من شهرٍ حساب اعتيادي لقيل ١١ يوماً ١٢ ساعة حساب فلكي ولو قيل ١٥ يوماً ٦ ساعات حساب اعتيادي لقيل ١٤ يوماً ١٨ ساعة حساب فلكي فيكون الفرق بينهما ١٢ ساعة ابداً فانتبه

(٥٨) ان الساعات غالباً تُضبَط للدلالة على الوقت الاوسط وليس لنا دليل طبيعي على ذلك كما لنا على الوقت الظاهر فيجب ان تُعرَف معادلة الوقت الواجب طرحها من الظاهر او اضافتها اليهِ للحصول على الوقت الاوسط فلنفرض ساعتين احداهما حافظة الوقت الظاهر والاخرى الاوسط فالفرق بينهما هو معادلة الوقت والاولى تارةً تتقدم واخرى تتأخر عن رفيقتها ومعظم الفرق بينهما ١٦′ ١٧″ بقرب اليوم الثالث من تشرين الثاني وتتوافقان اربع مرات كل سنة اي بقرب

١٥ نيسان و١٤ حزيران و٣١ آب و٢٤ كانون الاول وهذه الاوقات تتغير قليلاً لسبب تغير وقت وصول الشمس الى نقطة الراس ونقطة الذنب لانهما تنتقلان كل سنة من الغرب الى الشرق ١١″ ٧٧′ ففي مضي الادوار لا تكون الشمس على اسرع حركتها في اول كانون الثاني كما هي الآن فتتغير ايضاً اوقات اتفاق الساعتين المشار اليهما

(٥٩) ان التفاوت بين الايام الشمسية له علتان احداها عدم مساواة حركة الارض في دورانها السنوي كما سبقت الاشارة اليهِ والاخرى ميل سطح دائرة البروج على سطح دائرة خط الاستواء

اولاً لكون حركة الارض حول الشمس غير متساوية وذلك من كون فلكها هليلجيًّا فتكون حركتها بين الاعتدال الخريفي والربيعي اسرع من حركتها بين الربيعي والخريفي والفرق بين المدتين هو ٨ ايام تقريباً وبالتدقيق ٧ ايام ١٧س ١٧د وذلك يتضح من شكل ١٦

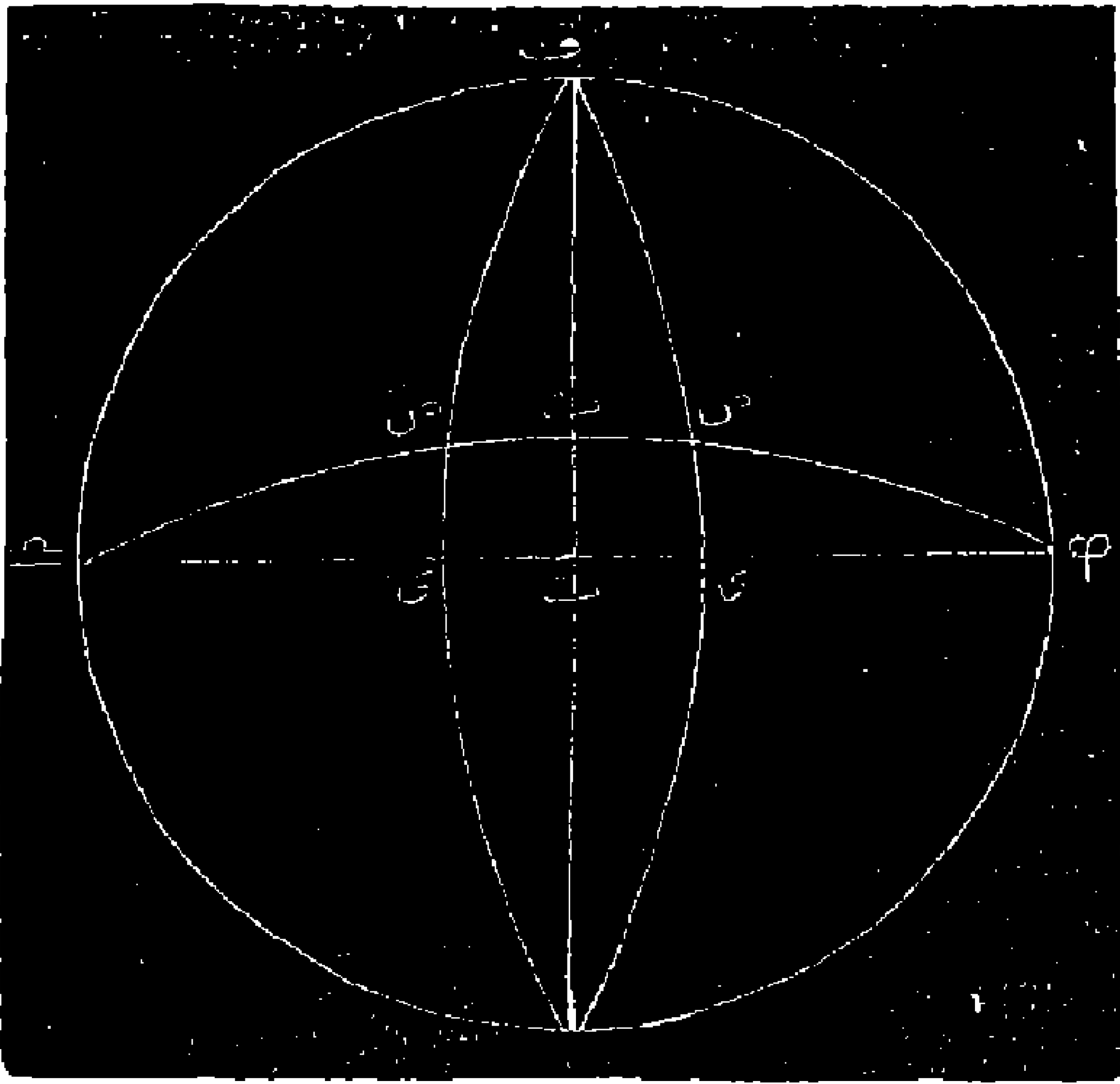


شكل ١٦

لتكن ش الشمس واي ب طريق الارض حول الشمس وا موضع الارض وهي في نقطة الراس وب مكانها وهي في نقطة الذنب وي يَ يِّ مواقع مختلفة للارض في فلكها بين البروج كما كانت تتراءى لو نُظِر اليها من الشمس فمتى كانت عند ي مثلاً قيل انها في برج الحمل وفي حركتها من ي الى يَ تمرُّ في برج الثور الى برج الجوزاء وتمرُّ الشمس في الميزان والعقرب والرامي الخ لناظر اليها من الارض وحركة الارض من الحمل الى الميزان اسرع من حركتها من الميزان الى الحمل كما سياتي بيانهُ وفي هذا العصر هي في نقطة الراس متى كانت في برج السرطان اي ٩٩° ٣٠′ ٣٩″ من الاعتدال الربيعي وتمرُّ الارض بذلك البرج في اوائل كانون الثاني

(٦٠) هذا من جهة عدم مساواة حركة الارض في طريقها حول الشمس ولو كانت تلك الحركة متساوية لما حصل من ذلك تساوي الايام الشمسية لان الوقت انما يُحسَب على خط الاستواء وقد تقدم ان دائرة البروج اي طريق الارض حول الشمس مائلة على خط الاستواء فلو تحركت الارض بالتساوي في دائرة البروج لكانت تقطع اقواساً غير متساوية من خط الاستواء كما ترى من

الكرة ان اقواس الطول واقواس الصعود المستقيم هي تارةً غير متساوية واخرى متساوية ويتضح ذلك ايضًا من شكل ١٧ ليكن حمل ميزان خط الاستواء وحمل ت ميزان دائرة البروج وفي في يَ دائرتين من دوائر نصف النهار تلاقيان الشمس في ص و صَ فالقوس حمل ص > حمل ي وحمل ت = حمل تَ لان كل واحدة منها ربع دائرة اي ٩٠° وحمل صَ ميزان = حمل يَ ميزان لان كل واحدة منها ١٨٠° اي نصف دائرة و صَ ميزان > يَ ميزان فتكون حمل صَ < حمل يَ اي اقواس الطول احيانًا اطول من اقواس الصعود المستقيم واحيانًا اقصر منها واحيانًا متساوية لها فكان يختلف اليوم الشمسي من ذلك ولو كانت حركة الارض على التساوي



شكل ١٧

(٦١) نرى مما سبق انهُ اذا عرفنا الصعود المستقيم للشمس الحقيقية والوهمية يكون الفرق بينهما بعد تحويلهِ الى وقت معادلة الوقت فتُطرَح متى سبقت الحقيقية وتضاف متى سبقت الوهمية وقد تقدم ان زمان اسرع حركة الارض يتغير قليلاً كل سنة فتتغير هذه المعادلة كل سنة ويفعل في تغيرها حركة اخرى للارض سميت الكبو فلذلك لا يمكن ان توضع معادلات الوقت في جدول عام لكل السنين كما فُعِل في الاختلاف وغيرهِ بل يقتضي ان نتناول هذه المعادلة من الجداول السنوية

ان ضبط الساعات على المغرب غير ممكن للاسباب المذكورة آنفًا ولا يمكن ان تُضبَط ساعة للوقت الظاهر مهما كان الخطُّ المعوَّل عليهِ لانهُ يقتضي لها ان تسرع تارةً وتبطو اخرى بل الأَولى ضبط الساعات للوقت الاوسط

في فرانسا كان الاعتماد على الوقت الظاهر الى سنة ١٨١٦ ولم تتفق ساعتان من ساعاتهم وقتًا. حكى الفيلسوف اراكو قال اخبرني مرة الفيلسوف الشهير معلم الهيئة دي لامبر انهُ كثيرًا ما رأى ساعات الابنية المشاعة تختلف ٣٠ دقيقة بعضها عن بعض وعند ما قصدوا التغيير من الاعتماد على الوقت الظاهر للاعتماد على الوقت الاوسط لم يرضَ رئيس ضباط باريز ان يختم الامر بذلك خوف الهيجان بين الشعب ولكنهُ لم يحدث شيء من ذلك ولم يتسرأحدٌ اكثر من الساعتيين لانهُ على الترتيب القديم لم يمكنهم ان يضبطوا الساعات فكانوا دائمًا تحت لوم المشترين ولم يستطيعوا ان يقنعوهم بان العلة في الشمس ولا في ساعاتهم

(٦٢) ان استعلمنا الوقت من مراقبة الشمس بواسطة وقوع خيال جسم عمودي على سطح الافق على خط مرسوم شمالاً وجنوبًا يكون لنا من ذلك الوقت الظاهر ثم نحوّله الى وقت اوسط باضافة معادلة الوقت او طرحها حسب مقتضى يومنا

(٦٣) انّ عند علماء الهيئة نوعًا آخر من الوقت سُمّي الوقت النجمي وهو محسوب من لحظة وصول الاعتدال الربيعي الى الهاجرة ويُحسَب من ٠ الى ٢٤ ساعة فلو قيل مثلاً ان جرمًا يطلع او يغيب او يصل الى خط نصف النهار في الساعة الثالثة من الوقت النجمي لكان المراد ان ذلك يحدث ثلاث ساعات بعد مرور الاعتدال الربيعي بهاجرتنا

ثم اذا حسبنا اليوم النجمي اي ٠٩ ٨٦١٦٤" واحدًا وانقسم على ذلك اليوم الشمسي اي ٨٦٤٠٠" يكون اليوم الشمسي ١٠٠٢٧٣٧٩١ من يوم نجمي وفضلتها اي ٠٠٢٧٣٧٩١ = ٣ ٥٥٥٤ ٥٦" وقت نجمي فضلة اليوم الشمسي الاوسط واليوم النجمي

ثم ٢٤ : ٣ ٥٥٥٤ ٥٦" :: ١ : ٨٥٦٥ ٩" = مبادرة اليوم النجمي على اليوم الشمسي في ساعة واحدة لاجل التسهيل وضعت الجدول السابع للدلالة على اكتساب اليوم النجمي على الشمسي لكل ساعة ودقيقة وثانية وقت شمسي اوسط

في الحساب السنوي

(٦٤) ان مدة دوران الشمس من نجم الى ان تعود اليه ايضًا هي سنة نجمية وطولها ٣٦٥ يوما ٦س ٩د ٩ث ومدة دوران الشمس من الاعتدال الربيعي الى ان تعود اليه ايضًا هي السنة الشمسية وطولها ٣٦٥ يوما ٥س ٤٨د ٤٩ث وذلك لان الاعتدالين يتقهقران كل سنة من الشرق الى الغرب ٣ ٥٠" فتبكر الشمس بالعود الى الاعتدال بما يلزمها للمرور على قوس ٣ ٥٠" اي ٢٠د ٩ ١٩ث فضلة السنة النجمية والشمسية وبسبب اضطراب في مبادرة الاعتدال من قبل فعل السيارات لا يتقهقر على التساوي في كل وقت فيتغير طول السنة الشمسية وهي الآن تقصر ٠٥٤٥ث كل مئة سنة وسيأتي ذكر كل ذلك مفصلاً

كذلك الخط الموصل بين نقطة الراس والذنب يتحرك من الغرب الى الشرق ٧٧٨ ١١" كل سنة فمدة دوران الشمس من نقطة الراس الى ان تعود اليه ايضا اطول من سنة نجمية لان تلك النقطة قد انتقلت غربًا وفضلتها مدة مرور الشمس على ٧٧٨ ١١" اي ٤د ٧ ٣٩ث فتكون السنة هذه ٣٦٥ يومًا ٦س ١٣د ٣ ٤٩ث = ٣٦٥ ٢٥٩٥٩٨١ يومًا من الايام الشمسية المعتدلة وهذه السنة تُعرَف بالسنة الوسطى كما سيأتي في محله

(٦٥) ان القدماء استعلموا السنة بواسطة عَلَم عمودي على سطح مستوٍ يوازي سطح الافق

ومرسوم عليهِ خط مستقيم يوافق الماجرة فيوم الظل الاقصر هو يوم المدار الصيفي والمدَّة بين يومَي الظل الاقصر هي السنة الشمسية وبما انهم وجدوها ٣٦٥ يومًا اعتمدوا على ذلك مع ان تلك المدَّة اقصر من السنة الحقيقية ست ساعات فوقع خللٌ في الحساب لانهُ اذا وقع المدار الصيفي على ٢١ حزيران في سنةٍ فبعد اربع سنين يقع على الثاني والعشرين وبعد اربع سنين أُخَر على الثالث والعشرين وهلمَّ جرًّا وفي الزمان القديم لاحظ اهل ثيبا في بلاد مصر لزوم اصلاح الحساب السنوي بسبب هذا الخلل اي ان تُحسَب السنة ٣٦٥ يومًا وست ساعات اما هپَّرخوس فوجد ان اضافة ست ساعات الى السنة هي اكثر من اللازم باربع دقائق و٤٨ ثانية (٤ د ٤٨ ث) اما الباطني فحسب الزيادة عمَّا يلزم ٨ د ٤٨ ث وهذه قائمة ما اعتُمِد عليهِ في اعصار مختلفة من الزمان القديم الى الوقت الحاضر

	يوم	س	د	ث
المصري القديم	٣٦٥	٠	٠	٠
اكيمون وميتون	"	٦	١٨	٥٧
كلپوس وغيرهُ	"	٦	٠	٠
هپرخوس	"	٥	٥٥	١٢
الهنود	"	٥	٥٠	٣٠
الباطني	"	٥	٤٦	٢٤
الفنسيوس سنة ١٢٥٢	"	٥	٤٩	١٦
ولثر	"	٥	٤٨	٥٠
كوپرنيكوس ١٥٤٣	"	٥	٤٩	٦
تيخو براهي ١٦٠٢	"	٥	٤٨	٤٥½
كپلر	"	٥	٤٨	٥٧٫٦
كاسيني ١٧٤٣	"	٥	٤٨	٥٢٫٤
فلمستيد	"	٥	٤٨	٥٧٫٥
هالي	"	٥	٤٨	٥٤٫٨
لاكائل	"	٥	٤٨	٤٩
دي لامبر	"	٥	٤٨	٥١٫٦
لاپلاس	"	٥	٤٨	٤٩٫٧
بسّل	"	٥	٤٨	٤٧٫٨

(٦٦) ان ايام السنة الشمسية هي ايام صحيحة وكسر يوم اي ٣٦٥٫٢٤٢٢٤١٤ يومًا وفي ١٠٠ سنة (اذا حسبنا السنة ٣٦٥ يومًا) ٣٦٥٠٠ يوم وذلك يقتصر عن ٣٦٥ دوران للشمس بمقدار ٢٤ يومًا. ولاصلاح هذا الخلل نهض يوليوس قيصر بمساعدة المنجم المصري سوسجينوس واضاف يومًا واحدًا الى شهر شباط كل سنة رابعة وسُمّيت كل سنة رابعة كبيسة وبقي الاعتماد على ذلك الى اواخر القرن السادس عشر مع ان فيهِ خطأ ١١ د ٢٩ ث ٨ ث اي + ٠٠٧٧٨ ٫٠ من اليوم كل سنة اي يوم كامل كل ١٢٩ سنة واكثر من ٧ ايام كل ١٠٠٠ سنة وفي ايام سوسجينوس المذكور وقع الاعتدال الربيعي في ٢٥ آذار ثم في سنة ٣٢٥ ب م حكم المجمع النيقاوي بان يوم الاعتدال الربيعي يُحسب الحادي والعشرين من شهر آذار لاجل اصلاح الخطا المتزايد منذ عصر يوليوس قيصر ومن ثمّ الى سنة ١٥٨٢ بلغ الخطا ١٠ ايام بسبب الزيادة المشار اليها اي صار الاعتدال الربيعي في ١١ آذار فحكم البابا غريغوريوس الثالث عشر باسقاط عشرة ايام من تلك السنة من شهر تشرين الاول فحسبوا اليوم الخامس منهُ اليوم الخامس عشر ولئلاَّ يعود الخطا اعتمدوا على هذه القاعدة

كل سنة لا تنقسم على ٤ بدون باقٍ تُحسَب لها ٣٦٥ يومًا وكل سنة تنقسم على ٤ ولا تنقسم على ١٠٠ بدون باقٍ تحسب لها ٣٦٦ يومًا وكل سنة تنقسم على ١٠٠ ولا تنقسم على ٤٠٠ تحسب لها ٣٦٥ يومًا وكل سنة تنقسم على ٤٠٠ تحسب لها ٣٦٦ يومًا

مثالهُ ١٨٣٨ لا تنقسم على ٤ فلها ٣٦٥ يوما اما ١٨٤٠ فكبيسة ولو حُسِبت كل سنة رابعة كبيسة لاختلف الحساب يومًا كاملاً في كل ١٢٩ سنة كما تقدم فيُحسَب لكل سنة مئة ٣٦٥ يومًا فيكون قد انقطع ذلك اليوم من المئة السنة والواجب ان يُقطَع ¼ اليوم فقط فيختلف الحساب بذلك يومًا في ٤٠٠ سنة ولذلك تُحسَب كل سنة ٤٠٠ كبيسة وعلى هذا الاسلوب يختلف الحساب اقل من يوم في ٤٣٣٧ سنة ثم ان حُسِب ٣٦٥ يومًا لكل سنة تنقسم على ٤٠٠٠ لا يختلف الحساب باكثر من يوم واحد في ١٠٠٠٠٠ سنة

الدور الشمسي هو مدّة ٢٨ سنة يوليوسية اي ٢٨ × ٣٦٥٫٢٥ وفي كل دور شمسي توافق ايام الاسابيع ايام الشهور التي وافقتها قبل ٢٨ سنة . لان ٤ سنين يوليوسية = ١٤٦١ يومًا وهذا العدد ليس هو عدًّا لسبعة بل ٧ × ٤ = ٢٨ فهي عدٌّ السبعة وعند الميلاد كان قد مضى من هذا الدور ٩ سنين فلاجل استعلام الدور الشمسي اضف الى السنة ٩ واقسم على ٢٨ فالخارج عدد الادوار في التاريخ الميلادي والباقي موقع السنة في الدور. مثالهُ لاستعلام موقع ١٨١٤ في الدور الشمسي ١٨٧٤ + ٩ = ١٨٨٣ ÷ ٢٨ = ٦٧ ويبقى ٧ فهي السنة السابعة من الدور الشمسي

الدور القمري ١٩ سنة او ٢٣٥ دورة قمرية ويفرق عن ١٩ سنة يوليوسية ساعةً ونصف ساعةٍ تقريبًا

كما سياتي في الكلام عن القمر

دور التصريح (Indiction) مدة ١٥ سنة عيّنها الملك قسطنطين عوضًا عن الاولمپياد اليوناني على زعم البعض . والبابا غريغوريوس السابع عيّن اليوم الاول من سنة ٣١٢ مسيحية محطًّا فعلى ذلك كانت السنة الاولى المسيحية الرابعة من دور التصريح بالتقهقر ولاستعلام موقع سنة في هذا الدور اضف اليها ٣ واقسم المجتمع على ١٥ فالباقي موقع السنة في الدور

مثاله موقع سنة ١٨٧٤ في هذا الدور ١٨٧٤ + ٣ = ١٨٧٧ ÷ ١٥ = ١٢٥ ويبقى ٢ فهي الثانية في الدور وان لم يبقَ باقٍ فهي الخامسة عشرة

٢٨ × ١٩ × ١٥ = ٧٩٨٠ فهي الدور اليوليوسي وعند مرورها تعود ادوار الشمس والقمر والتصريح على اتفاق كما كانت في اولهِ وهو يحسب من ٤٧١٣ ق م من اول كانون الثاني من تلك السنة . فالدور التاريخي الذي اليهِ تحول كل الحوادث هي ١ ك ٢ سنة ٤٧١٣ ق م الظهر لهاجرة اسكندرية مصر لان بطليموس اعتمد على تلك الهاجرة قاعدة لكل حساباته

(٦٧) ان هذا الاصلاح قُبِل عمومًا في الغرب ولم يُقبَل في روسيا والشرق وقد بلغ الفرق بين الحسابين ١٢ يومًا تقريبًا وان بقي الامر على ما هو فيحسب اهل الشرق سنة ١٩٠٠ كبيسة واهل الغرب يحسبونها اعتيادية فيصير الفرق بينهم ١٣ يومًا وعلى هذا الاسلوب يزيد الاختلاف بين الحسابين يومًا كل قرن

(٦٨) ان طُلِب تحويل الحساب الشرقي الى الحساب الغربي فاطرح من الاول يوم لكل ١٢٩ سنة من سنة ٣٢٥ فصاعدًا لان الفرق ١١′ ٢٩″ ٨‴ يبلغ الى يوم كامل في ٣٦° ١٢٩ سنة

السنة الاعتيادية تنتهي في اليوم من ايام الاسبوع الذي ابتدأت عليهِ والكبيسة تنتهي يومًا واحدًا بعد الذي ابتدأت بهِ

(٦٩) ان اختلاف هذه الحسابات السنوية قلما يؤثر في المراقبات الفلكية القديمة اذ يُعرَف وقت حدوث خسوف مثلاً في الماضي كما يُعرَف في المستقبل فان اخبرنا التاريخ بحادثة مقرونة عند حدوثها بكسوف الشمس او خسوف القمر في سنةٍ ما من اي حساب كان فيُحسَب وقت وقوع ذلك الخسوف بموجب حسابنا فيُستعلَم من ذلك وقت وقوع الحادثة التاريخية بالتدقيق التام

لاجل تسهيل تحويل الوقت الاوسط الى وقت نجمي قد وُضِع الجدول الثامن ولِلعكس الجدول التاسع

الفصل الخامس

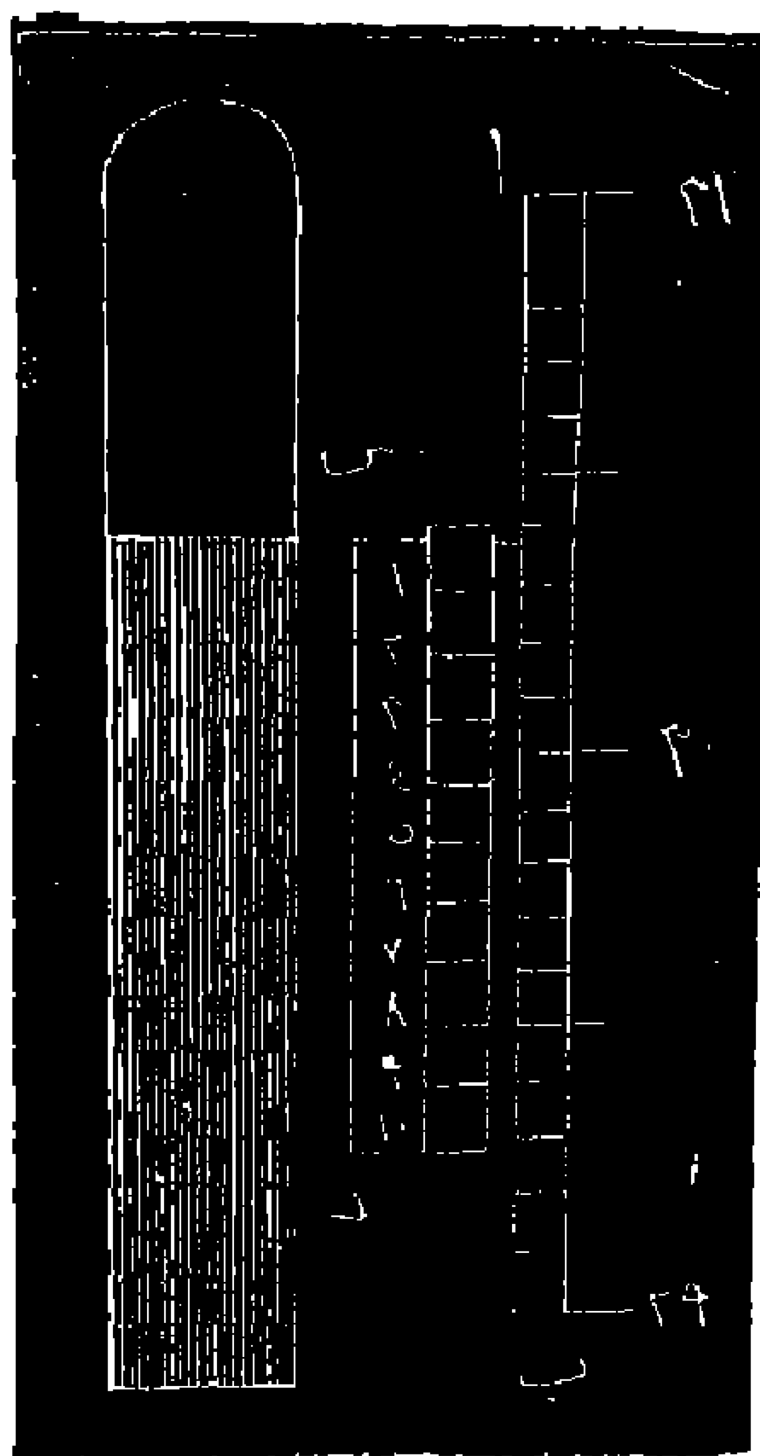
في بعض آلات الرصد وبعض العمليّات والعرض وهيئة الارض وكثافتها

تنبيهٌ. ان اكثر هذا الفصل يتعلق بالقسم العملي وانما ادخلناهُ هنا ايضاحًا لما ياتي

(٧٠) ان الآلات استُعمِلَت اولاً لرصد الاجرام السماوية في مدرسة الاسكندرية ق م ٣٠٠ وفي القرن السادس عشر استنبط تيخو براهي من دنيمارك بعض الآلات لقياس الزوايا تقاس بها زاوية ١٠ ١َ وذلك بدون معرفة النظارة وفي ذلك العصر استنبط معلمو هذا الفن آلات تقاس بها زاوية ١ ً وبمقياسات ثانوية يقيسون زاوية $\frac{١}{١٠}$ ثانية والامر واضح ان الثانية على آلة هي صغيرة جدًّا جدًّا فان كانت القوس التي تقاس بها الزاوية قطرها قدمٌ واحدٌ فلنا $\frac{٣٫١٤١٥٩ \times ١٢}{٣٦٠} = \frac{١}{١٠}$ قيراط لدرجة واحدة فتكون دقيقة واحدة $\frac{١}{٦٠\times١٠} = \frac{١}{٦٠٠}$ من القيراط وثانية $\frac{١}{٣٦٠٠٠}$ من القيراط ولا يمكن ان تتكرَّر القسمة الى هذا الحدّ الاَّ في اقواس دوائر كبيرة فدائرة قطرها ٢٠ قدمًا تكون الدرجة على محيطها قيراطين ودقيقة واحدة $\frac{١}{٣٠}$ من القيراط والثانية $\frac{١}{١٨٠٠}$ من القيراط

(٧١) يتَّضح مما تقدَّم انهُ لا يمكن انقسام الاقواس لقياس الزوايا الى اصغر من دقائق وفي الآلات الصغار لا تُقسَم الى اصغر من ١٠ ١َ والزوايا التي هي اصغر من تلك تقاس بواسطة قياس ثانوي مركب على جانب اقسام القوس الاصلية وقد سُمّي هذا المقياس الثانوي المدقق

(٧٢) ان كيفية استعمال المدقق يتضح من النظر اليهِ في البارومتر

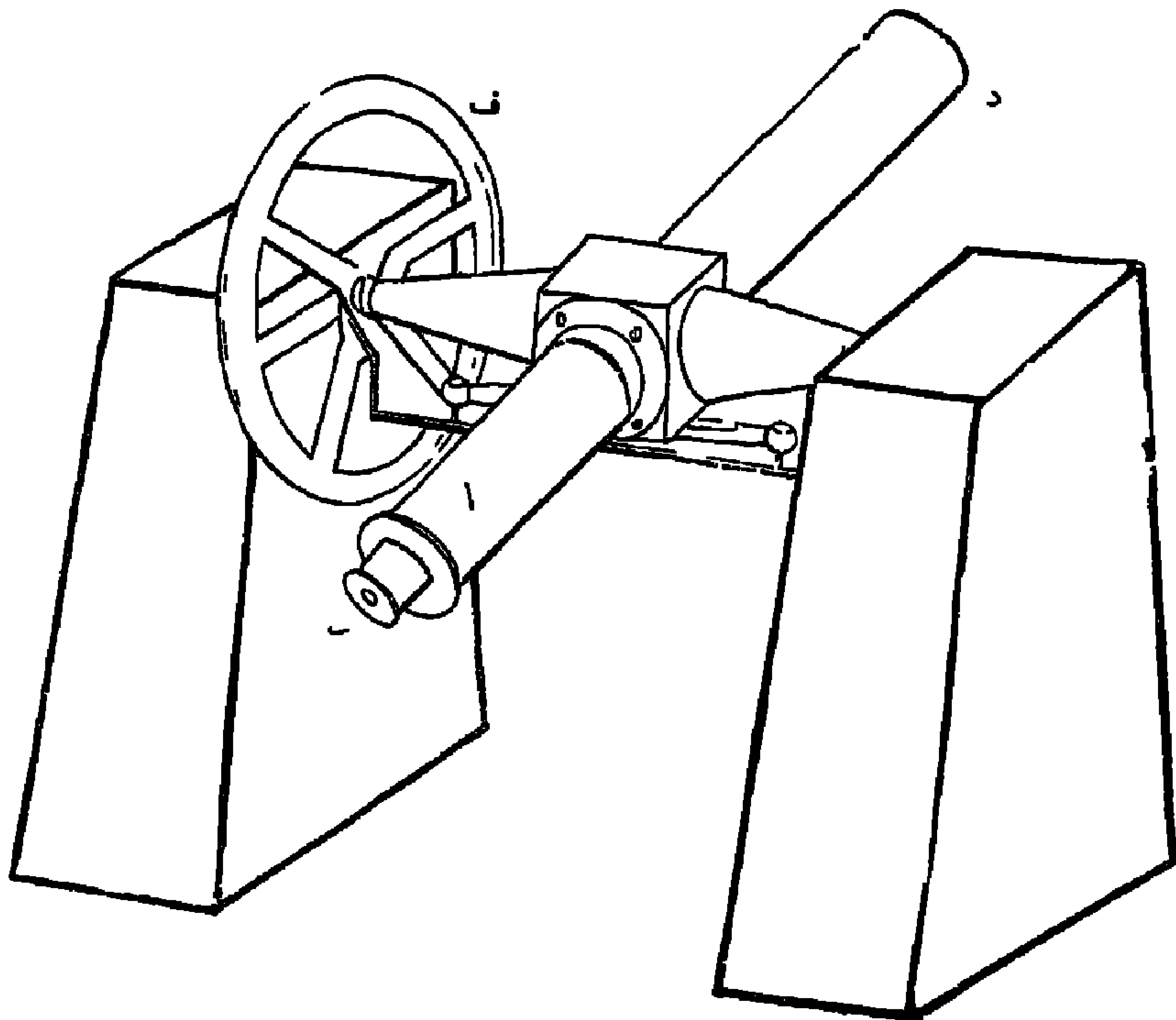


شكل ١٨

ليكن ا ب (شكل ١٨) القياس الاصلي مقسومًا الى قراريط واعشار القيراط وليكن س د المدقق ولتكن عشرة اقسام على المدقق = ١١ قسمًا على الاصلي فنرى الزيبق على ٣٠ قيراطًا وثلاثة اعشار وزيادة ومقدار هذه الزيادة يُعرَف من النظر الى اقسام المدقق فنرى القسم الثامن منهُ يقابل قسمًا من الاصلي فان كسب المدقق قسمًا في عشرة اقسام تكون اقسامهُ اصغر من اقسام الاصلي بعشر من قسم واحد فيكسب في ثمانية اقسام ثمانية اجزاء من عشر فيكون الزيبق على ٣٠° ٣' ٠ و٨ اعشار العُشر اي ٠٨ ً ٠ فالزيبق على ٣٠° و٣٨ ً ٠ وهكذا لو كانت اقسام المدقق اصغر من اقسام الاصلي حتى يخسر قسمًا في كل عشرة اقسام

(٧٣) ان الآلات الاكثر استعمالاً هي نظارة العبور مع ساعتها والدائرة الحائطية والسدس وأكثر المراقبات تجرى عند وصول الاجرام السموية الى خط نصف النهار لانهُ حينئذٍ يكون الاختلاف والانكسار على اقلهما ويكون الجرم في اعلى ارتفاعهِ فوق الافق ومن ارتفاعهِ يُعرَف بعدهُ عن سمت الراس وميلهُ وان ضُبطت الساعة للوقت النجمي ايْ ان تدل على ٠ ٠ ٠ متى كان الاعتدال الربيعي على خط نصف النهار فتدلُّ الساعة على الصعود المستقيم لكل جرم يصل الى خط نصف النهار فيراقب وصول الاجرام الى ذلك الخط فيحسَب من ذلك الطول والعرض السمويين واشياء أُخَر كثيرة وجانب كبير من الحسابات الفلكيَّة راجع الى وقت وصول الاجرام الى خط نصف النهار وقتاً نجمياً

(٧٤) الآلة التي بها يُعرَف وصول جرم الى خط نصف النهار سُمّيت نظارة العبور واجزاؤُها الاكثر اعتباراً تُعرَف من شكل ١٩ وهي نظارة تدور في سطح دائرة خط نصف النهار وطرفا محورها مستندان على حائطين ثابتين حتى لا تتزعزع اقل تزعزع واجزاؤُها مصنوعة على غاية التدقيق فاذا أُحكمَت في سطح دائرة خط نصف النهار لا تزوغ عنهُ البتة

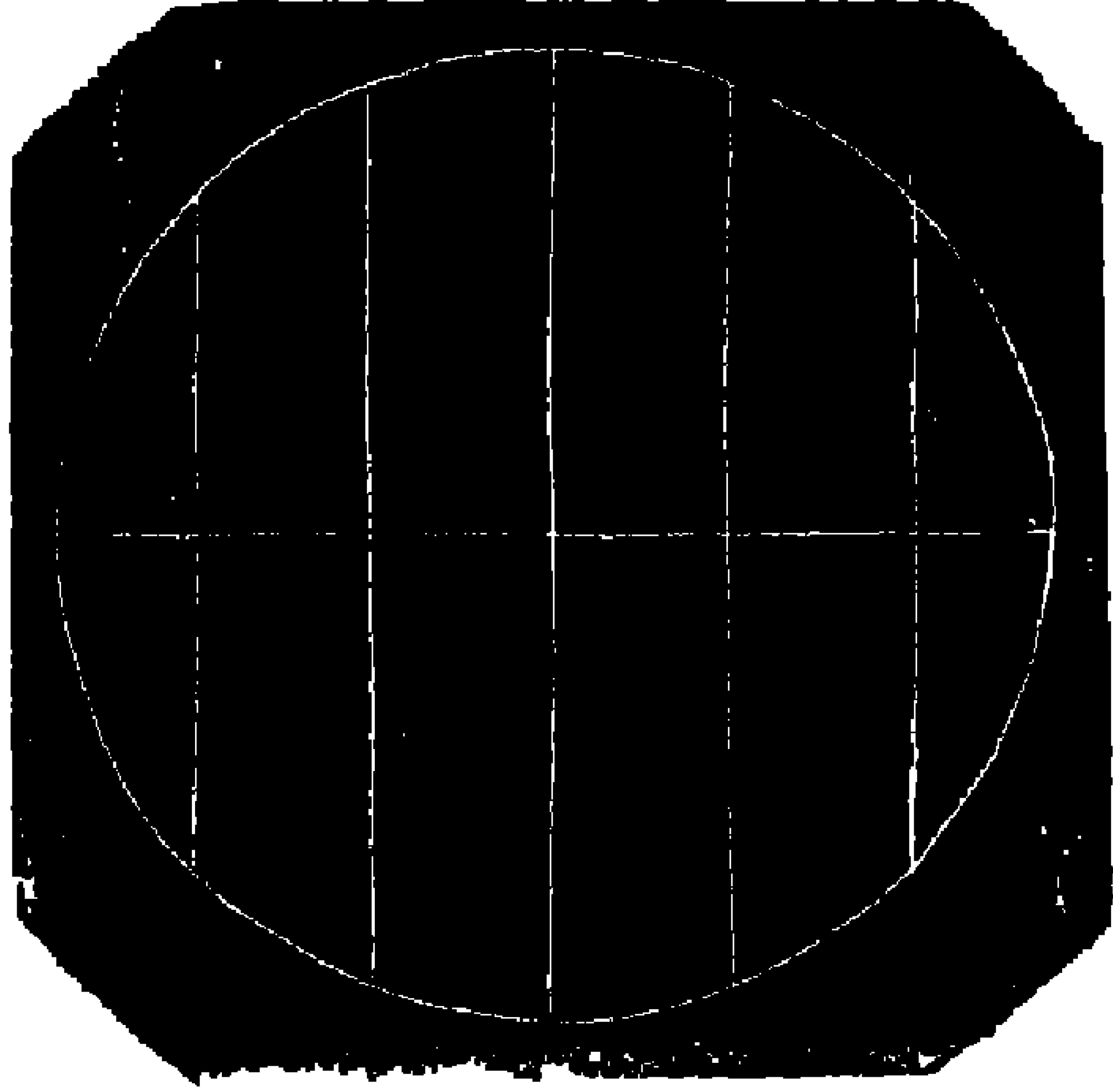


شكل ١٩

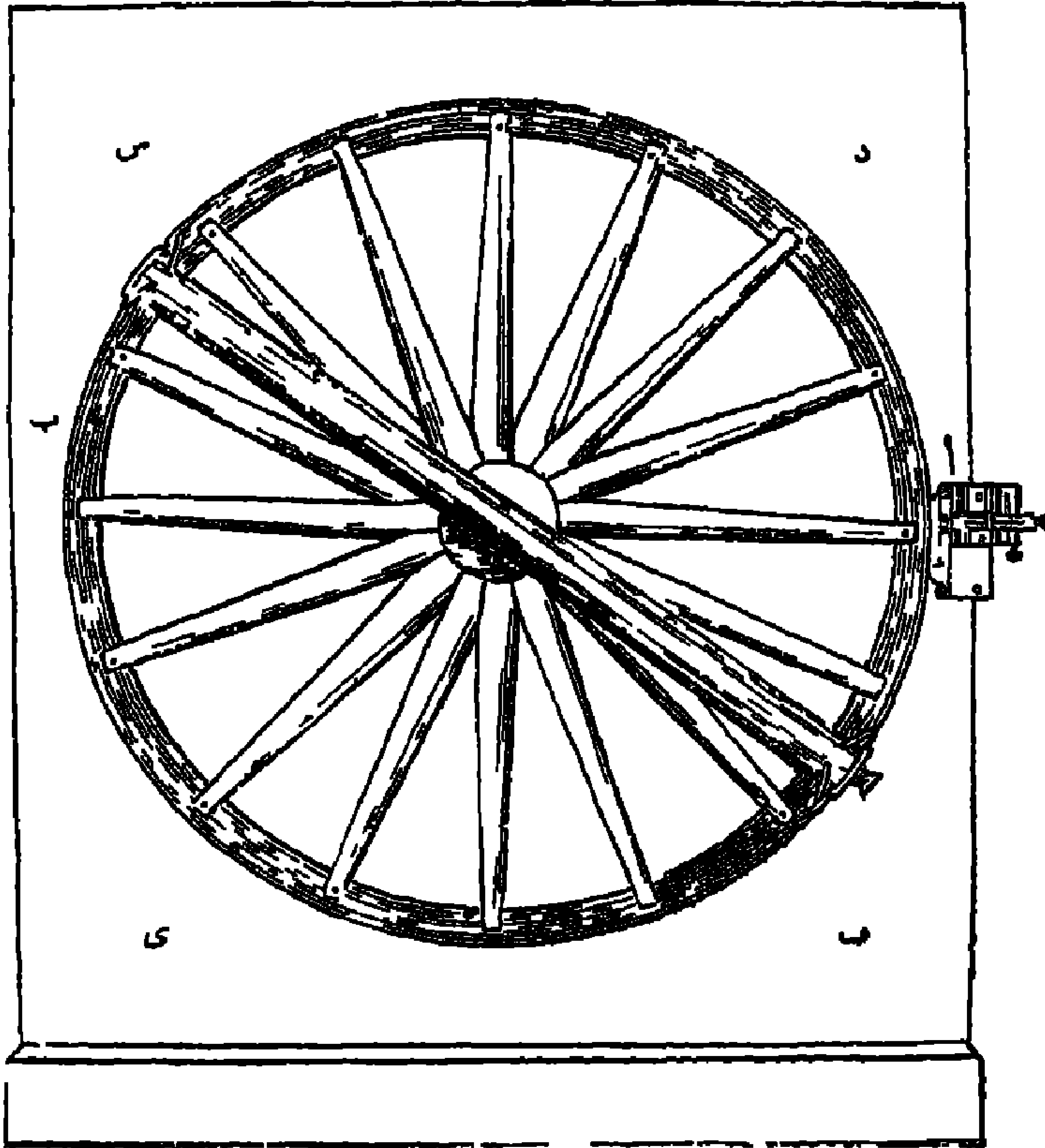
(٧٥) تُضبَط النظارة في سطح دائرة خط نصف النهار بتوجيهها الى نجم القطب واحكامها حتى تصير المدة بين تكبدهِ الاعلى والاسفل تعدل المدة بين تكبدهِ الاسفل والاعلى ويكرَّر العمل بمراقبة

التكبُّد الاعلى والاسفل لعلة من الخُسّان ولضبطها طرق اخرى سياتي ذكرها في القسم العملي ان شاء الله

(٧٦) خط التسديد هو الخط الموصل بين مركز بلورة الشبح د ومركز بلورة العين ب وهو يتحرك في سطح دائرة خط نصف النهار اذا كانت الآلة على ما ينبغي من الضبط . وفي نقطة احتراق بلورة العين بعض الشعرات تنقسم بها بلورة الشبح الى اقسام متساوية كما في (شكل ٣٠) فاذا عينا وقت وصول جرم الى كل واحدة منها ثم اخذنا معدَّل الجميع يكون لنا وقت وصولهِ الى الوسطى اي الى خط نصف النهار تمامًا


شكل ٣٠

(٧٧) الساعة الفلكية تُضبَط للوقت النجمي فتقيس مرور نجم من نقطة الى اخرى وكل ١٥° = ساعة واحدة ولا تعلق بينها وبين وقت النهار فان رأينا ساعة المرصد على ٥ س ٢٠ د او على ٢٣ س ١١ د مثلاً



شكل ٣١

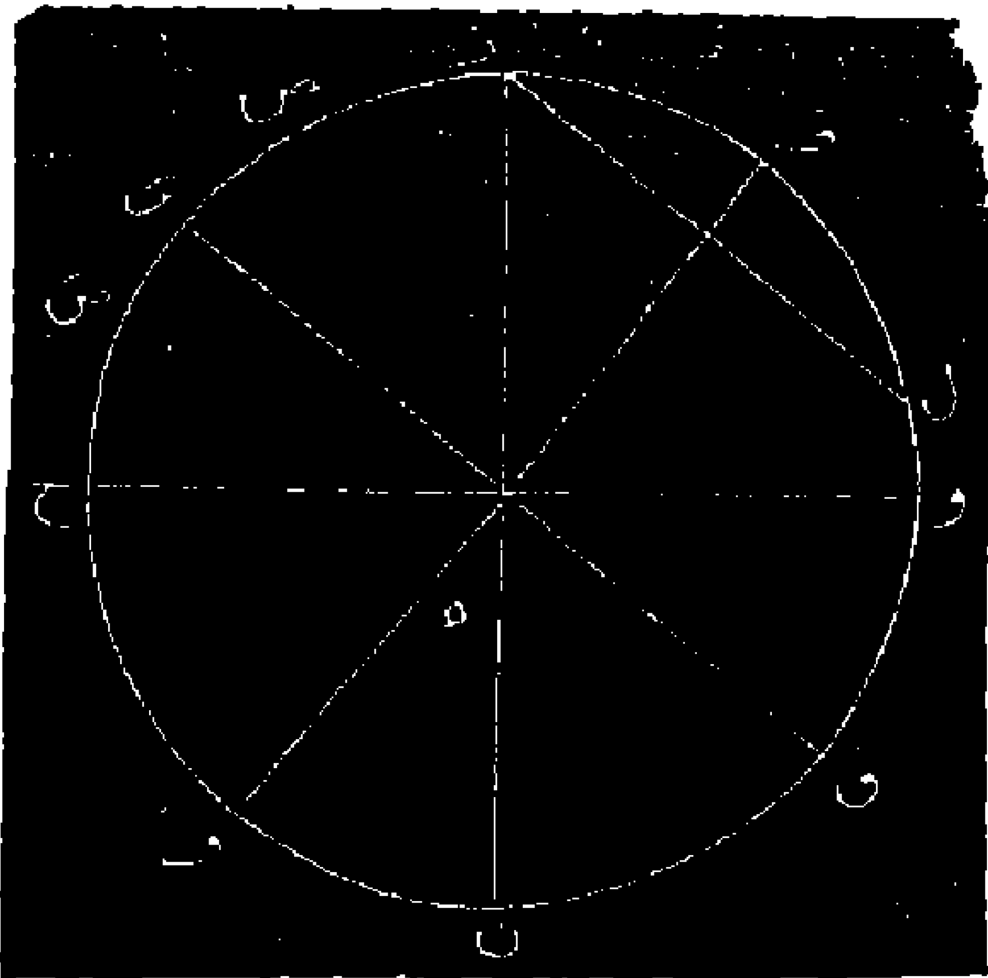
فذلك يدلُّ على الوقت المار منذ كان الاعتدال الربيعي على خط نصف النهار وعند وصول نجم

الى ذلك الخط تدل الساعة على صعوده المستقيم

(٧٨) الساعة ترافق نظارة العبور ابداً وكل واحدة منهما تعين على ضبط الاخرى وقد بلغ اهل صناعة الساعات الى مهارة عظيمة في اصطناعها ولكن مع ذلك يجب ان تقابل على الساعة الطبيعية اي الملك عدة مرات كل يوم

(٧٩) الدائرة العمودية ف على نظارة العبور تقاس عليها اقواس الارتفاع اي اقواس من خط نصف النهار واذ لا يدقق في قياسها لصغر دائرتها يُعتمد على ما سُمّي الدائرة الحائطيّة (شكل ٣١) وهي دائرة كبيرة قطرها ١٠ اقدام او ١٢ قدماً مرتكزة على جانب حائط متين محيطها مقسوم الى اقسام كل قسم ١" او ٥" حسب محيط الدائرة ولها ست نظارات صغار عند س د ي ف ا ب واحياناً يستعمل ربع دائرة على هذه الكيفية فيُسمّى الربع الحائطي فنرى ما تقدّم شيئاً من العناية التي قاساها علماء هذا الفن لكي يحصلوا على قياسات صحيحة

(٨٠) قد رأينا ما تقدّم (ع ٧٧) كيفية استعلام صعود نجم المستقيم بواسطة نظارة العبور والساعة واما ميلهُ فيستعلم بالدائرة الحائطيّة

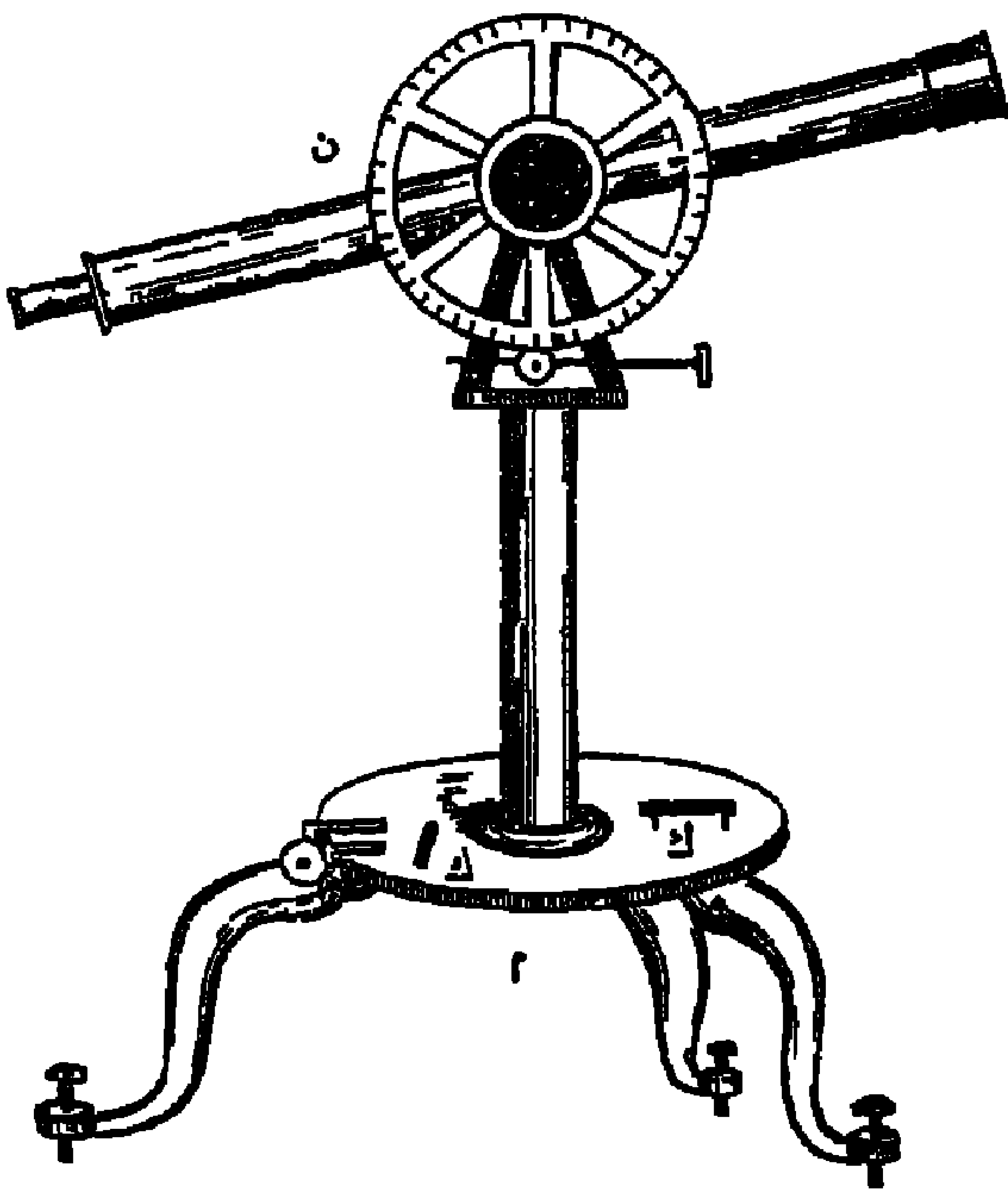


شكل ٣٢

ليكن ص (شكل ٣٢) موقع نجم فيكون ارتفاعهُ على خط نصف النهار ص ح ويُستعلم الارتفاع بقياس بعده عن سمت الراس ز وطرحهِ من ٩٠° ثم من الارتفاع اطرح ي ح اي متم عرض المكان فيبقى ص ي اي الميل. وان كان النجم اقرب الى الافق من خط الاستواء كما لو كان عند صَ مثلاً فاطرح الارتفاع على خط نصف النهار من متم وعرض المكان فما كان فهو الميل او يستعلم الميل من البعد القطبي لان ف ي = ٩٠° و ٩٠° — ف ص = ص ي = الميل

(٨١) يُطلَب احياناً ارتفاع جرم سماوي وهو ليس على خط نصف النهار وايضاً سموتهُ اي بعدهُ عن خط نصف النهار مقاساً على الافق وايضاً الزاوية الحادثة بين جرمين ولذلك قد اصطُنِعَت آلة اخرى سُمّيت نظارة السموت تتحرك في سطح متسامتة مارّة بسمت الراس وبالجرم المرصود وايضاً في سطح يوازي سطح الافق وصورتها (شكل ٣٣) فيقاس الارتفاع على الدائرة ن والسموت على م ولكل رجل لولب تترتّب به الآلة على سطح يوازي سطح الافق المدلول عليهِ بالمسهلتين عند ك و ك فان كان الجرم في الافق يُعرَف سموتهُ بالحك (انظر كتابي في التعاليم صحيفة ٢٨١ و ٣٤٩) والاّ فيحتاج الى آلة مثل هذه لاجل قياس سموته

(٨٢) من الآلات لقياس الزوايا السدس وقد ذُكِر تركيبهُ وطرق ضبطهِ في كتابي في المساحة صحيفة ٢١٣ فليراجع وسوف يُذكَر ايضًا بالتفصيل في القسم العلمي من هذا المؤلَّف



شكل ٣٢

(٨٣) ان جعلنا احد الشيئين جرمًا سمويًّا والآخر الافق وقسنا الزاوية بينهما يكون لنا من ذلك ارتفاع الجرم فوق الافق وان كنا في البرّ حيث لا نرى الافق نستعمل افقًا من الزيبق او وسائل آخر وننظر الى صورة الجرم فيهِ ثم نستعلم الزاوية بين الجرم وصورتهِ في الزيبق ونصف تلك الزاوية هو ارتفاع الجرم فوق الافق

(٨٤) اهمُّ الامور في ضبط السدس خمسة اشياء

(١) لتجعل مرآة الزند عمودية على سطح الآلة

ضع الزند على نصف القوس ثم انظر الى صورة القوس في المرآة فان كان القوس وصورتهُ على استقامة واحدة كانت المرآة عمودية على سطح الآلة والاَّ فيجب اصلاحها باللولب على قفاها

(٢) لتجعل مرآة الافق عمودية على سطح الآلة انظر الى نجم او شيء آخر بالنظارة وحرّك الزند حتى تمرَّ صورتهُ بالشيء نفسهِ فان تطابقا كانت عمودية والاَّ فيجب اصلاحها

(٣) لتجعل المرآتين متوازيتين متى كانت السبابة على صفر ضع السبابة على صفر وان تطابق الشيء وصورتهُ كليًّا كانتا متوازيتين والاَّ فيجب اصلاحها

(٤) لتجعل النظارة موازية لسطح الآلة أَدِر النظارة حتى تكون شعرتاها متوازيتين لسطح الآلة وانظر الى شيء هو وصورتهُ متطابقان على احدى الشعرتين ثم أَدِر النظارة حتى يقعا على الشعرة الاخرى فان بقيا متطابقين كانت على ما يُراد والاَّ فيجب اصلاحها

(٥) لاستعلام خطاء الآلة . ان الاصلاح المذكور في (٣) يرينا الشيء والصورة متطابقين متى كانت السبابة على صفر وان كان الخطاء قليلاً ليس بواجب ان نتغيّر الآلة بل نستعلم مقدار الخطاء ونطرحهُ او نضيفهُ الى ما تدل عليهِ السبابة حسب مقتضى الحال ويستعلم الخطاء بان نجعل جانب الشمس ان يمسّ جانب صورتها وعيّن ما تدل عليهِ السبابة ثم اجعل الصورة ان تمرّ على الشيء

الى ان تمسّ الجانب الآخر منه وعيّن ما تدل عليهِ السبابة فنصف فضلتها هو الخطاء فان كانت علامة الفضلة ايجابية يجب اضافتها الى ما تدل عليهِ السبابة في كل رصد وان كانت سلبية فيجب طرحها

(٨٥) امثلة في استعمال السدس

ارتفاع جانب الشمس الاسفل ٠٠″ ١٠′ ٤٩°

نصف قطر الشمس ٥١″ ١٥′

٥١″ ٣٥′ ٤٩°

اطرح الانكسار − ٤٩″

٢″ ٣٥′ ٤٩°

اضف الاختلاف + ٦″

ارتفاع مركز الشمس الحقيقي = ٨″ ٣٥′ ٤٩°

بالافق الزيبقي ارتفاع جانب الشمس الاعلى فوق الصورة ٤٧″ ٣′ ١٠٠°

نصفها = ٥ ٣٢″ ١′ ٥٠°

اطرح نصف قطر الشمس − ٥٠″ ١٥′

٥ ٣٢″ ٤٥′ ٤٩°

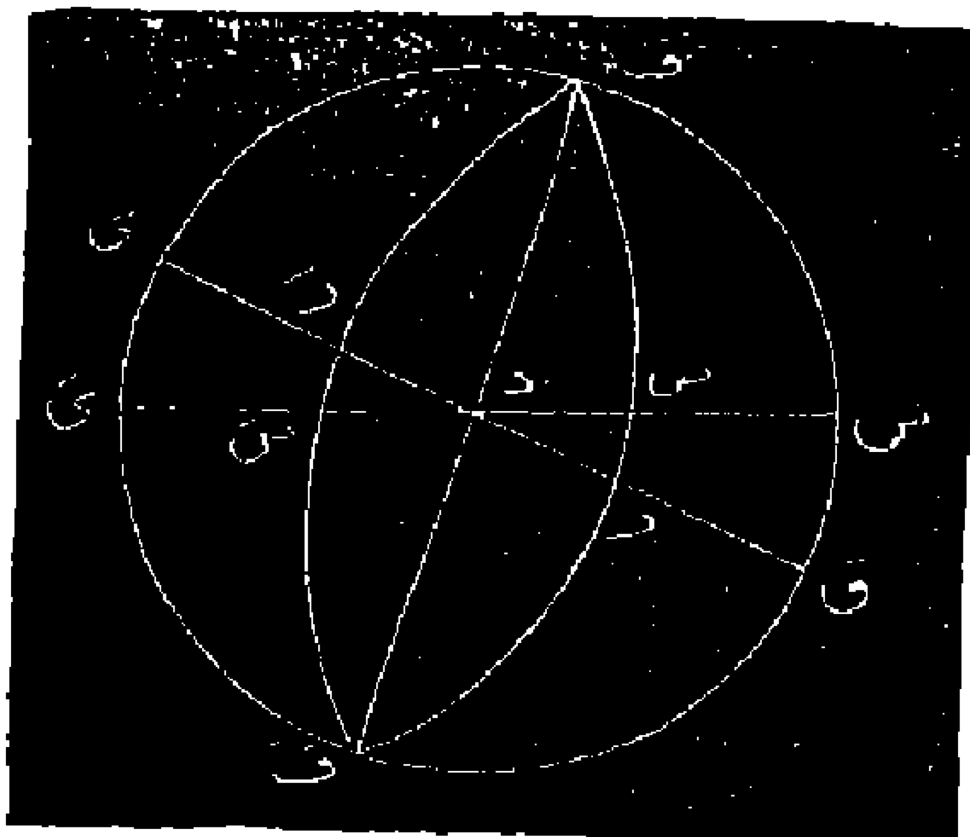
اطرح الانكسار − ٤٨″

٥ ٤٥″ ٤٤′ ٤٩°

اضف الاختلاف ٥٠″

٥ ٥٠″ ٤٤′ ٤٩°

عمليّات



شكل ٣٤

(٨٦) لاستعلام صعود الشمس المستقيم او ميلها او طولها او ميل دائرة البروج على خط الاستواء اذا فُرِض اثنين من هذه الاشياء غير المطلوب

ليكن ي ق (شكل ٣٤) خط الاستواء ويَ س دائرة البروج ود الاعتدال الربيعي فيكون د ر الصعود المستقيم ور ص الميل ود ص اذا كان اقل من ٩٠° الطول

وص د ر ميل دائرة البروج على خط الاستواء واذا كان الصعود المستقيم او الطول اكثر من ٩٠°
فيحسب المثلث الكروي د ص ر مثلثًا متمًا. انظر كتابي في مساحة المثلثات الكروية صحيفة ٥٢ الخ

مثالة . ان ميلاً مفروضًا للشمس يصح لاربعة اماكن من دائرة البروج فيجب ان نعتبر الوقت
من السنة واذا كان الصعود المستقيم اكثر من ١٨٠° كما لو كان د ق ي رَ فيُعامَل المثلث ص د ر
المتم وهو قائم الزاوية عند ر فيحل بقاعدة نبير

مثال اوّل . مفروض صعود الشمس المستقيم ا ب د ر ٣س ٣٦د ٤٧ ٢٢ث = ٥٤° ٥' ٣٧"
وميلها اي رص ١٩° ٢١' ٥ ١٥" مطلوب طولها وميل دائرة البروج

حسب قاعدة نبير في المثلث الكروي القائم الزاوية اجعل د ص الاوسط فيكون رص و د ر
الجزءين المتقابلين ولنا ½ق X ن ج د ص (لانه الوتر) = ن ج د ر X ن ج رص (١٩)

لاستعلام الطول د ص

ن ج د ر اي ٥٤° ٥' ٣٧" = ٩ ٧٦٨٢٤١
ن ج رص اي ١٩° ٢١' ٥ ١٥" = ٩ ٩٧٤٧١٠
ن ج د ص = ٩ ٧٤٢٩٥١ = ٥٦° ٢٤' ٣٦"

لاستعلام الزاوية د اجعل د ر الاوسط

½ق X ج د ر = مماس رص X ن م د (لانها زاوية)

اي ن م د = ½ق X ج د ر / م رص (٢٠)

ج د ر اي ٥٤° ٥' ٣٧" = ٩ ٩٠٨٤٧٣
م رص اي ١٩° ٢١' ٥ ١٥" = ٩ ٥٤٥٨٧٠
ن م د = ٩ ٣٦٣٦٠٣ = ٢٣° ٢٧' ٠٦ ٢٣"

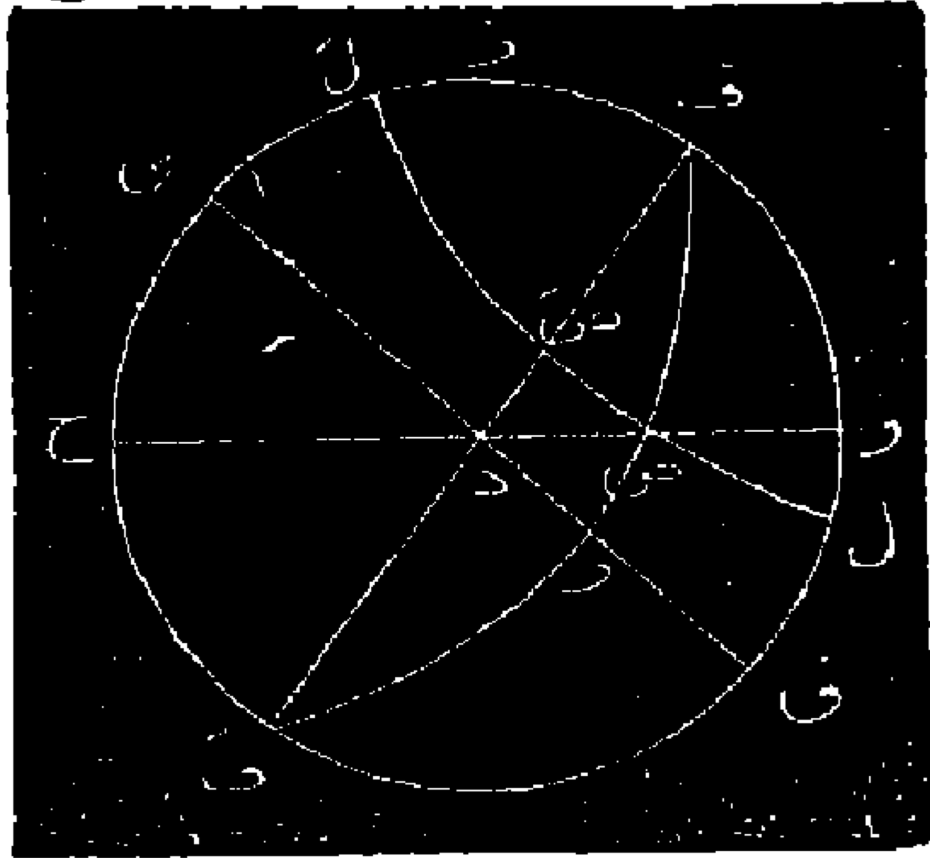
مثال ٢ مفروض ميل الشمس ١٣° ٤ ١' ٢٤" شمالاً وميل دائرة البروج ٢٣° ٢٧' ٩٩ ٢٣"
مطلوب صعودها المستقيم الجواب ٩° ٤٨' ٥ ١٩" = ٣٩ ٣٠ ١٢ث

مثال ٣ مفروض ميل الشمس ٢١° ٢١' ٨ ٢٤" وصعودها المستقيم ١٦س ١٧د ٨ ١٨ث فما هو
طولها الجواب ٢٤٦° ١٢' ٩ ١٩"

مثال ٤ مفروض طول الشمس ٨ ب ٧° ٤٠' ٥٦" وميل دائرة البروج ٢٣° ٢٧' ٤٢ ¼"
مطلوب صعودها المستقيم الجواب ١٦س ٣٢د ٢٤ث

(٨٧) مفروض ميل الشمس وعرض المكان مطلوب وقت طلوعها وغروبها

ليكن ف ي فَ (شكل ٣٥) خط نصف النهار للمكان المفروض وز سمت الراس وح و الافق ول لَ طريقة الشمس في اليوم المفروض ولتقطع الافق في ص فيكون ي ز عرض المكان ومنهُ ي ح = ق و فتكون ق و اي متم العرض قياس الزاوية ود ق اوص د ر ورص ميل الشمس ود ر اذا تحوَّل الى وقت = فضلة وقت الطلوع والساعة السادسة بعد نصف الليل اوست ساعات قبل الظهر لانهُ متى وصلت الشمس الى ص تكون طالعة وف فَ



شكل ٣٥

دائرة سويعيَّة سطحها عمودي على سطح خط نصف النهار فيكون رسمها على ذلك السطح خطًّا مستقيمًا ف فَ واذا كان لَ الظهر يكون ل نصف الليل ول صَ = ٦ ساعات والساعات تقاس على خط الاستواء ي ق فتكون د ر قياس وقت مرور الشمس من ص اي وقت الطلوع الى صَ اي الى دائرة الساعة السادسة

ثم في المثلث القائم الزاوية د ر ص مفروض الميل ر ص والزاوية د = متم عرض المكان مطلوب د ر

اجعل د ر اوسط فتكون د ورص الجزءين المتواليين و½ ق × ج د ر = ن م د × م رص

وج د ر = $\frac{\text{ن م د} \times \text{م رص}}{\frac{1}{2}\text{ق}}$ (٢١)

مثال اوَّل. مطلوب وقت طلوع الشمس في ٥٢° ١٣′ عرض شمالي اذا كان ميلها ٢٣° ٢٨′ شمالاً

ن م د اي ٥٢° ١٣′	=	١٠٫١١٠٥٧٨٦
م رص ٢٣° ٢٨′	=	٩٫٦٣٧٦١٠٦
ج د ر	=	٩٫٧٤٨١٨٩٢ = ٣٤° ٣′ ٣١¼″ = من الوقت

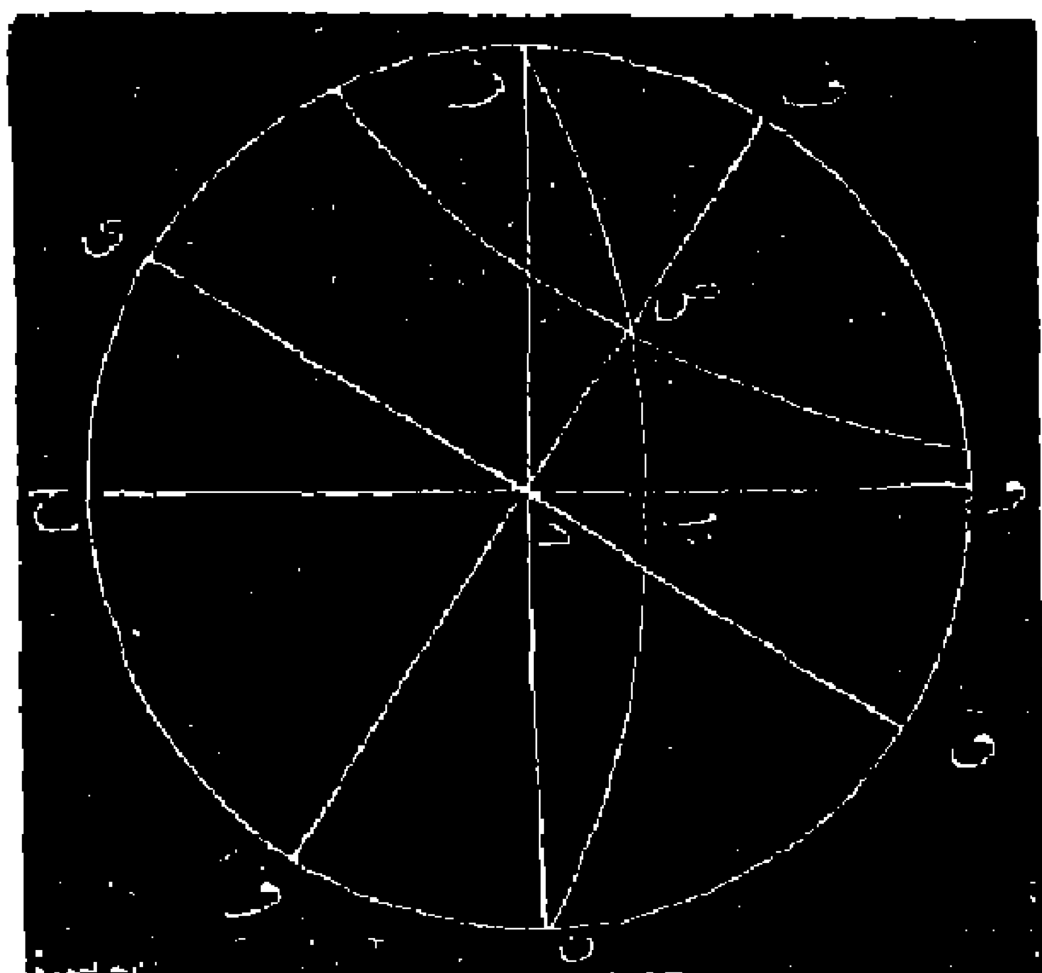
٢س ١٦د ١٢ث ٥ ٢٣ثا اطرحها من ٦ = ٣س ٤٣د ٤٦ث ٣٥ثا بعد نصف الليل

(٢) مطلوب وقت طلوع الشمس في عرض شمالي ٣٣° ٤٤′ ٦٩″ ٩ وطول شرقي ٣٥° ٢٢′ = ٢س ٢٢د ١٣ث في ٢١ حزيران من سنتك هذه (خذ ميل الشمس من الجداول السنوية)

(٣) كم ساعة تبقى الشمس فوق الافق في عرض شمالي ٥٨° ١٣′ اذا كان ميلها ١٨° ٤٠′ جنوبًا الجواب ٧س ٣٥د ٥٢ث ٣٧ثا

(٤) ما هو طول نهارك وميل الشمس ٢٣° ٢٧′ ٢١″ جنوبي (يُطلَب اولاً معرفة عرض المكان)

(٨٨) مفروض عرض المكان وميل جرم سماوي مطلوب ارتفاعهُ وسموتهُ اذا كان على دائرة الساعة السادسة


شكل ٣٦

ليكن ح ز و (شكل ٣٦) خط نصف النهار للمكان المفروض ح و الافق وص موقع الجرم على دائرة الساعة السادسة ف ص فَ التي تقطع خط الاستواء في النقطة الشرقية والغربية ولتكن ز ص ن الدائرة المتسامتة المارة بالجرم ثم في المثلث ص ب د القائم الزاوية مفروض د ص اي الميل والقوس و ف قياس ص د ب اي عرض المكان مطلوب ب ص اي الارتفاع و ب و اي السموت او د ب اي السعة وهي متم السموت

مثال اوَّل. ما هو ارتفاع السماك الرامح وسموتهُ متى كان على دائرة الساعة السادسة في عرض ٥١° ٢٨′ ٤٠″ شمالي على افتراض ميلهِ ٢٠° ٦′ ٥٠″ شمالاً

للارتفاع ½ق × ج ب ص = ج د ص × ج د (٣٢)

ج ٢٠° ٦′ ٥٠″ = ٩٫٥٣٦٤١٦٣

ج ٥١° ٢٨′ ٤٠″ = ٩٫٨٩٣٤١٠٣

ج ب ص = ٩٫٤٢٩٨٣٦٥ = ١٥° ٢٦′ ٢٧″

للسموت ½ق × ن ج د = ن م ب و × ن م د ص

$$\text{ن م ب و} = \frac{\text{½ق} \times \text{ن ج د}}{\text{ن م د ص}}$$ (٣٣)

ن ج ٥١° ٢٨′ ٤٠″ = ٩٫٧٩٤٣٦١٣

ن م د ص = ١٠٫٤٣٦٣٥٤٥

ن م ب و = ٩٫٣٣٠٦١٥٧ = ٨٠° ١٣′ ٣٠″

مثال ٢ في عرض شمالي ٦٢° ١٣′ كان ارتفاع الشمس في الساعة السادسة ق ظ ١٨° ٣٠′ ٣٢″ مطلوب ميلها وسموتها

الجواب الميل ٢٠° ٥٠′ ١٣″ ش السموت ٧٩° ٥٦′ ٤″

(٨٩) اذا كانت الشمس في الافق ترتفع فوق مكانها الحقيقي على المعدَّل ٣٣′ بالانكسار مطلوب زيادة النهار الاطول من هذا السبب

ليكن ح و (شكل٢٧) الافق ي ق خط الاستواء م المدار الصيفي ارسم م ك ٣٣ʹ تحت الافق فتكون الشمس عند ص عند اوّل ظهورها اي ٣٣ʹ تحت الافق وفي المثلث زف ص مفروض زف متم عرض المكان زص البعد عن سمت الراس اي ٩٠° ٣٣ʹ و ف ص متم ميل الشمس اي البعد القطبي مطلوب الزاوية زف ص



شكل٢٧

ليكن عرض المكان ٣٣° ٤٣ʹ ٢٠ʺ وميل الشمس في النهار الاطول ٢٣° ٢٧ʹ ٥٧ʺ

فلنا زف=٥٦° ١٦ʹ ٤٠ʺ ف ص=٦٦° ٣٢ʹ ٣ʺ زص=٩٠° ٣٣ʹ

$$ج\frac{1}{2}ا = \sqrt{\frac{\frac{1}{2}ق^2 \times ج(ص-سَ) \times ج(ص-بَ)}{ج بَ \times ج سَ}} \quad (٣٤)$$

انظر حساب المثلثات الكروية صحيفة ١٤٤ العبارة الاولى من عبارات ظ

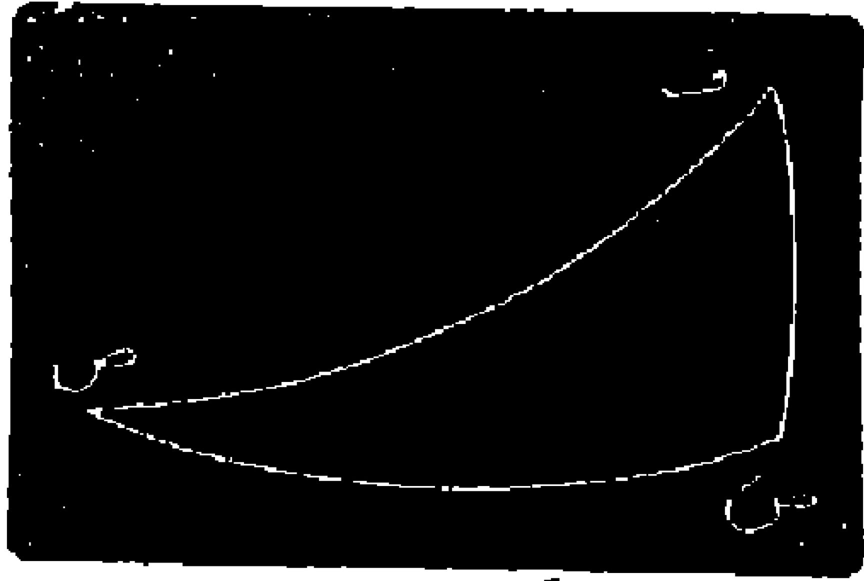
اي من نصف مجتمع الاضلاع اطرح ضلع من المحيطين بالزاوية المطلوبة ثم اطرح الضلع الآخر من نصف المجتمع والى جيبي الباقيين اضف المتم الحسابي لجيبي الضلعين فما كان فهو جيب نصف الزاوية المطلوبة

الزاوية المطلوبة	زف	= ٥٦° ١٦ʹ ٤٠ʺ	
	زص	= ٩٠° ٣٣ʹ	
	ف ص	= ٦٦° ٣٢ʹ ٣ʺ	
		٢١٣° ٢١ʹ ٤٣ʺ (٢	
		١٠٦° ٤٠ʹ ٣١ʺ ٥	
اطرح زف		٥٦° ١٦ʹ ٤٠ʺ	
	ج	٥٠° ٢٣ʹ ٥١ʺ ٥ =	٩٫٨٨٦٧٦٤٤
اطرح ف ص	ج	٤٠° ٨ʹ ٢٨ʺ ٥ =	٩٫٨٠٩٣٣٩٠
زف	م ح ج	٥٦° ١٦ʹ ٤٠ʺ =	٠٫٠٨٠٠١٣٠
ف ص	م ح ج	٦٦° ٣٢ʹ ٣ʺ =	٠٫٠٣٧٩٨٥٠
			(٢ ١٩٫٨١٤١٠١٤
ج ½ زف ص		٥٣° ٥٠ʹ ٩ʺ =	٩٫٩٠٧٠٥٠٧

$$\frac{٢}{١٠٧° ٤٠ʹ ١٨ʺ}$$ = زف ص = ٧ ١٠ ٢ ٤١ وقد

استعملنا وقت طلوع الشمس في الوقت المفروض (مثال ٢) ق ظ ٧ س ٧ د ٤ ث ٥٤ والفضلة = ٣ د ٨ ث ٤٦ للصباح ومثلة للمساء

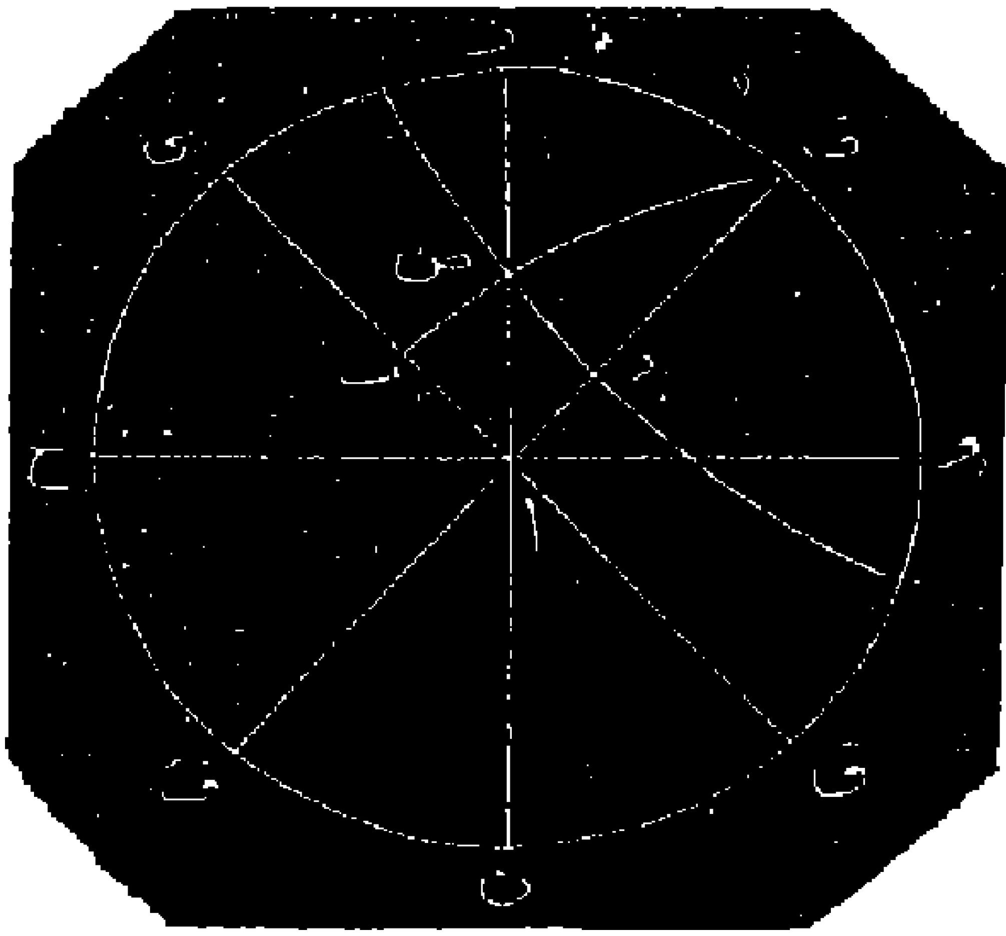
(٩٠) مفروض طول جرمين وعرضهما مطلوب البعد بينهما


شكل ٢٨

ليكن ف (شكل ٢٨) قطب دائرة البروج ف ص ف صَ متمي عرض الجرمين وهما عند ص وصَ والزاوية ف = فضلة طولها. مطلوب ص صَ ولحل المسئلة انظر حساب المثلثات الكروية تحت مفروض ضلعان والزاوية بينهما مطلوب الضلع الثالث والعمل كما تقدّم في مثال استعلام الانكسار

ان فُرض ميل الجرمين والصعود المستقيم ليكن ف قطب خط الاستواء فيكون ف ص ف صَ متمي الميل والزاوية ف فضلة صعودهما المستقيم والعمل كما تقدّم

(٩١) مفروض عرض المكان وميل الشمس مطلوب الساعة التي فيها تنتهي اضاءتها على وجه بناء الشمالي ق ظ والتي فيها يبتدئ اضاءتها عليه ب ظ


شكل ٣٩

لتكن ف ي فَ (شكل ٣٩) الهاجرة و ز سمت الراس وزان المتسامتة الاولى اي العمودية على الهاجرة و ص النقطة التي فيها تقطعها الشمس واذ ذاك تنتهي اضاءتها على وجه حائط الشمالي وف ص ب الدائرة السويعية المارة بالشمس عند ص . ب ص = ميل الشمس و ب ا ص = (ي ز) = العرض و ا ب اذا تحوّل الى وقت تدل على كم بعد الساعة ٦ ق ظ او قبل الساعة ب ظ تقطع الشمس المتسامتة الاولى

مثال ١ . في عرض شمالي ٤٣° ٢٣′ ١٧″ وميل الشمس ٢٣° ٢٧′ ٣٠″ في اية ساعة ينقطع ضياء الشمس عن جانب حائط الشمالي ق ظ وفي اية ساعة يبتدئ بعد الظهر

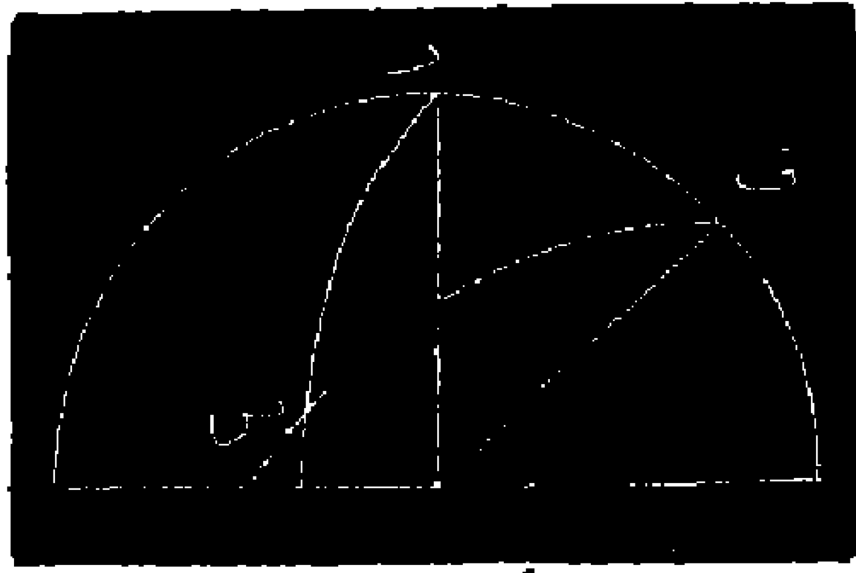
الجواب ٧ س ٥٣ د ٣٨ ث ق ظ و ٤ س ٦ د ٢٢ ث ب ظ

مثال ٢ كم ساعة تضيء الشمس على الجانب الجنوبي لحائط عمودي في عرض شمالي ٣٠° ٣٠′ اذا كان ميلها ٢٠° ش

(٩٣) مفروض عرض المكان وميل الشمس مطلوب استعلام الوقت بواسطة ارتفاع الشمس

ليكن ز (شكل ٤٠) سمت الراس و ص موقع الشمس و ف القطب . قس ارتفاع الشمس بالسدس او بآلة اخرى واصلحة للاختلاف والانكسار و ½ القطر لاجل استعلام الارتفاع الحقيقي

من الظاهر كما تعلّمت سابقًا واطرحهُ من ٩٠° يبقَ البعد السمتي زص اما ف ص فمتم الميل وزف متم العرض فاضلاع المثلث الكروي معروفة فنستعلم الزاوية زف ص فاذا تحوّلت الى وقت تدلُّ على بعد الشمس عن الهاجرة اي وقت المراقبة قبل الظهر او بعدهُ حسب الواقع



شكل ٣٠

افرض ف ز = متم العرض = φ

ز ص = البعد السمتي الحقيقي = z

ف ص = البعد القطبي = d

والزاوية زف ص = ز .

و٢ص = $z + d + \varphi$

بحساب المثلثات الكروية صحيفة ١٤٤

$$\text{ج} \tfrac{1}{2} \text{ز} = \sqrt{\frac{\text{ج}(\text{ص} - \varphi) \times \text{ج}(\text{ص} - d)}{\text{ج}\varphi \times \text{ج}d}} \qquad (٣٥)$$

مثالهُ. في عرض ٣٥° ٤٠′ شمالي كان ارتفاع الشمس الحقيقي بعد الظهر ١٠° ٦′ ٣٧″ لمَّا كان ميلها ٨° ٥′ ٥٦″ ج

d = ٩٨° ٥′ ٥٦″

z = ٧٩° ٥٣′ ٢٣″

φ = ٦٤° ٢٠′ ٠″

٢) ٢٤٣ ١٩ ٢٩

ص = ١٢١° ٩′ ٤٤″

ص − φ = ٥٦° ٤٩′ ٤٤″ الجيب ٩٫٩٢٢٧٤٦

ص − d = ٢٣ ٣ ٤٨ ″ ٩٫٥٩٣٠٠٧

نظير قاطع φ = ٠٫٠٤٥١١٧

″ ″ d = ٠٫٠٠٤٣٥٣

٢) ٩٫٥٦٥٢٢٣

½ ز = ٣٧° ١٨′ ٥٫٥٣ ٩٫٧٨٢٦١٢ جيب

ز = ٧٤° ٣٧′ ٤٧″ = ٤س ٥٨د ١ث ٣١ثث وقتًا ظاهرًا ب ظ

(٩٣) مفروض العرض وميل الشمس مطلوب وقت ابتداء الشفق وانتهائهِ

قد تقدَّم ان الشفق يبتدئ او ينتهي اذا كانت الشمس ١٨° عمودية تحت الافق

لتكن ز (شكل ٣١) سمت الراس لمكانٍ ما وف القطب وص موضع الشمس عند ابتداء الشفق او نهايتهِ زص = ٩٠° + ١٨° = ١٠٨° زف = متم العرض ف ص متم الميل فلنا في المثلث ف ص ز الاضلاع الثلاثة مطلوب الزاوية السويعية زف ص. ارسم رف عموديًّا على الزاوية المطلوبة

شكل ٣١

م $\frac{1}{2}$ زص : م $\frac{1}{2}$ (ف ص + زف) :: م $\frac{1}{2}$ (ف ص − زف) : م $\frac{1}{2}$ (ص ر − ز ر) (٣٦)

ثم بعد استعلام ز ر وص ر استعلِم الزاويتين عند ف واجمعهما

مثال. في عرض ٤٢° ٢٣′ اية ساعة يبتدئ الشفق وينتهي في النهار الاطول متى كان ميل الشمس ٢٣° ٢٨′ الجواب يبتدئ ٣ت ٦د ٤١ث ق ظ ينتهي ٩ت ٥٣د ١٩ث ب ظ

(٩٤) لاجل استعلام وقت الشفق الاقصر

ليكن اب (شكل ٣٢) دائرة ميل الشمس في الوقت المطلوب ارسم آ بَ على قرب من الاولى بما لايقاس وليوازيها وث ظ على موازاة الافق ١٨° تحتهُ فقياس الشفق على اب هو د ف ص وقياسهُ على آ بَ هو س ف ك وعند وقوع الشفق الاقصر تكون زيادة الزاوية السويعية صفرًا فالزاويتان المذكورتان متساويتان ولذلك د ف ذ = ص ف ض ود ذ = ص ض وبالرسم ذ س = ض ك والزاويتان عند ذ وض قائمتان وذ د س = ض ص ك وف د ذ = ٩٠° = زد س اطرح منها زد ذ فالباقية ف د ز = الباقية ذ د س ولهذا السبب ايضا ف ص ز = ض ص ك وف د ز = ف ص ز

شكل ٣٢

اقطع د ن بحيث يعدل ص ز = ٩٠° فلان ف د = ف ص والزاوية ف د ن = ف ص ز فالقوس ف ن = ف ز ارسم العمودي ف م فينصف ن ز ثم بحساب المثلثات الكروية

نج ف م = (نج ف د)/(نج د م) = (نج ف د)/(جـ ن م) وايضًا نج ف م = (نج ف ن)/(ن جـ ن م) = (نج ف ز)/(ن جـ ن م) وبالمساواة (نج ف د)/(جـ ن م) = (د جـ ف ز)/(ن جـ ن م) اي

ن ج ف د او ج ه د = ن ج ف ز X ج ن م / ن ج م ن = ن ج ف ز X مماس ن م
وبالتحويل الى نسبة ½ ق : ن ج ف ز او جيب العرض :: مماس ن م (= ٩°) : جيب ه د
اي ميل الشمس عند الشفق الاقصر

ج الميل = ج العرض X مماس ٩° (٢٧)

ف ز اقل من ٩٠° ابدًا وزم = ٩° فتكون ف م اقل من ٩٠° فيكون نظير جيبهِ ايجابيًا ود م اكثر من ٩٠° فنظير جيبهِ سلبي ون ج ف د (= ن ج ف م X ن ج د م) سلبي فيكون ف د اكثر من ٩٠° اي ميل الشمس عند الشفق الاقصر جنوبي

(٩٥) لاجل استعلام طول الشفق الاقصر ص ف ز = د ف ن
فاذًا ز ف ن = د ف ص قياس الشفق الاقصر
وج ف ز او ن ج العرض : ½ ق :: ج زم (= ٩°) : ج ز ف م
و٢ ز ف م = ز ف ن = د ف ص وهي بالتحويل الى وقت تعدل الشفق الاقصر اي

جيب نصف الشفق الاقصر = ½ ق X ج ٩° / ن ج العرض (٢٨)

مثال . مطلوب وقت الشفق الاقصر وطولهُ في عرض شمالي ٣٣° ٥٤′ ٣٧″

جيب ٣٣° ٥٤′ ٣٧″	٩،٧٤٦٥٣٠٤
مماس ٩°	٩،١٩٩٧١٣٥
جيب =	٨،٩٤٦٢٤٣٩ = ٥° ٤′ ٨″ ج

وذلك بقرب ٧ اذار و٦ تشرين الاول

ج ٩° X ½ ق	١٩،١٩٤٢٣٢٤
ن ج ٣٣° ٥٤′ ٣٧″	٩،٩١٩٠٤٦٣
جيب =	٩،٢٧٥٢٨٦١ = ١٣° ٤٣′ ٣٧″ X ٣ = ١س ٤٩د ٩ ٤٨ث

(٩٦) لاستعلام ميل الشمس عند دوام الشفق طول الليل (انظر شكل ٢٧) عند ذلك يكون الشمس عند ك ١٨° تحت الافق و١٨° + الميل ق م = ق و = ي ح = متم عرض المكان فميل الشمس حينئذٍ = متم العرض — ١٨° فتناول من الجداول السنوية اليوم الذي للشمس هذا الميل فلك المطلوب ومعظم ميل الشمس ٢٣° ٢٨′ فان كان متم الميل اكثر من ٤١° ٢٨′ او العرض اقل ٤٨° ٣٢′ لا يدوم الشفق طول الليل واذا كانت الشمس في الجانب الآخر من خط الاستواء يكون ميلها ١٨° — متم العرض

(٤٧) مفروض صعود جسم المستقيم وميله مطلوب طوله وعرضه

ليكن ي ق (شكل ٣٣) خط الاستواء وف قطبه و يَ س دائرة البروج ور قطبها وص موضع الجرم. ارسم ف ص و رص وارسم ص ب عمودية على ف ص ف ص = متم الميل و رف = ي يَ اي ميل دائرة البروج على خط الاستواء وا الاعتدال الربيعي وص ف ق متم الصعود المستقيم وص رس متم الطول ورص متم العرض. في المثلث القائم الزاوية ف ص ب مفروض الضلع ف ص اي متم الميل والزاوية عند ف اي متمّ الصعود المستقيم. استعلم ف ب فيُعرَف رب اي رف + ف ب ثم

شكل ٣٣

ج رب : ج ف ب :: ماس ف : ماس ر (٣٩)

فنستعلم الزاوية ر اي متم الطول ثم في المثلث القائم الزاوية رص ب مفروض رب والزاوية عند ر مطلوب رص اي متم العرض

مثال ١. صعود سيار المستقيم كان بالرصد ٨٢° ٧′ وميله ٣٤° ٢٦′ ش وميل دائرة البروج ٢٣° ٢٧′ ٣٠″ مطلوب طول السيار وعرضه

الجواب طول ٨٣° ٤٩′ ٣٠″ عرض ١° ١٠′ ٢٧″ ش

مثال ٢. ما هو طول نجم وعرضه اذا كان صعوده المستقيم ٤س ٤٠د ٤٩ث وميله ٦٦° ٦′ ٢٧″ ش

الجواب طول ٧٩° ٧′ ٨″ عرض ٤٣° ٢٤′ ٥″ ش

في العرض الارضي

(٤٨) الوسائط لاستعلام عرض مكان على سطح الارض عديدة منها بسيطة جدًّا ومنها ما يقتضي له حسابات مثلثات كروية فلنوضح ابسط هذه الوسائط هنا مفصّلاً ونترك الباقي للقسم العملي

(١) يُعرَف العرض من ارتفاع القطب (حد ٣٠) فلو كان نجم القطب اي α من الدب الاصغر في القطب تمامًا لاقتضى قياس ارتفاعهِ فقط لمعرفة عرض المكان ولكنهُ ليس في القطب تمامًا وبعدهُ عنهُ يتغيَّر قليلاً كل مدة لاسباب سياتي ذكرها في محلهِ وان استعلمنا ميلهُ لوقت مفروض من الجداول السنوية يكون متم الميل بعدهُ عن القطب. مثال ذلك ميلهُ في اوَّل آب سنة ١٨٧٤ ٨٨° ٣٨′ ٧″ فيكون بعدهُ القطبي ١° ٢١′ ٢٤″ ثم متى تكبد فوق القطب قس الارتفاع بالسدس او بآلة اخرى لقياس الزوايا واصلح الارتفاع الظاهر للانكسار وانخفاض الافق (ولا اختلاف للنجوم

الثوابت) ثم من الارتفاع بعد اصلاحهِ كما تقدَّم اطرح البعد القطبي فما كان فهو العرض

وإن كان في تكبدهِ الاسفل فاضف البعد القطبي الى الارتفاع الظاهر بعد اصلاحهِ كما تقدَّم فما كان فهو العرض

لكي يُعلَم أَهو فوق القطب او تحتهُ لاحظ كفًّا اي β من ذات الكرسي لان نجم القطب هو عن القطب الى جهة β ذات الكرسي فان كان β ذات الكرسي فوق القطب يكون نجم القطب فوق القطب والعكس بالعكس ولكي نعلم لحظة تكبدهِ فتناول صعودهُ المستقيم من الجداول السنوية وعندما تدل الساعة النجمية على ذلك فهو على الهاجرة وإن كان مغرزاي δ الدب الاكبر فوق القطب فنجم القطب تحت القطب

اذا قيس ارتفاع نجم القطب ٥ ١٠ دقيقة قبل وصولهِ الى الهاجرة او ٥ ١د بعد وصولهِ اليها لا يحصل من ذلك خلل في العرض اكثر من ٥" وإن اخذنا ارتفاعهُ ٥د قبل وصولهِ الى الهاجرة او ٥د بعد ذلك لا يحصل خلل في العرض اكثر من ١"

ويستعلم وقت وصولهِ الى الهاجرة وقتًا شمسيًّا بهذه القاعدة

اطرح صعود الشمس المستقيم لليوم المفروض من صعود النجم المستقيم بعد ان تضيف اليهِ ٢٤ ساعة ان كان صعودهُ المستقيم اقل من صعود الشمس المستقيم والباقي هو الوقت بعد الظهر الذي فيهِ يصل الجرم المفروض الى خط نصف النهار

مثالهُ . ص م α دب اصغر ١ ايلول ١٨٤٩ + ٢٤ = ٣٥س ٥د ٦٤ ٤٩ث

ص م الشمس لليوم المفروض ١٠س ٤١د ١١ ٥٨ث

حساب فلكي ١٤س ٢٣د ٥٢ ٥١ث =

٢س ٢٣د ٥٢ ١٥ث صباح ثاني ايلول حساب اعتيادي ثم ان قسنا في ذلك الوقت ارتفاع النجم واصلحناهُ للانكسار والانخفاض الافقي وطرحنا البعد القطبي للوقت المفروض يكون لنا العرض والامر واضح ان هذا العمل يصلح في كل نجم بقرب القطب وهذه ابسط الوسائط لاستعلام العرض

(٢) من ارتفاع الشمس اذا كانت على الهاجرة اي الظهر

ان رصدنا الشمس بالسدس قبل الظهر قليلاً نجد صورة الشمس بعد انزالها الى الافق لم تبقَ هناك بل ترتفع عنهُ فيجب ان ننزلها ايضًا حتى لا تعود ترتفع بل تنزل الى تحت الافق وعندما نشعر بوقوفها تكون على الهاجرة وإن استعملنا الافق الزيبقي نجعل الصورة تمس التي في الزيبق وكل ما ابتعدت احداهما عن الاخرى نقربها ايضًا حتى لا تعود تبعد احداهما عن الاخرى بل تتراكبان ولنا من ذلك الارتفاع الظاهر فاصلحهُ للانكسار وللاختلاف وللانخفاض الافقي ان استعملت الافق

النظري فما كان هو الارتفاع الحقيقي فاطرحهُ من ٩٠° فما كان هو بعد الشمس عن سمت الراس ثم ان كانت الشمس في ميل شمالي فاضف الميل الى البعد عن سمت الراس فما كان فهو العرض وان كانت في ميل جنوبي فاطرح الميل عن البعد السمتي فما كان فهو العرض . وهذه الواسطة يُعتمَد عليها اكثر من الاولى لصعوبة اصابة الافق ليلاً ولكن متى كانت الشمس بقرب المدار الصيفي لا يمكن قياس ارتفاعها بواسطة السدس على الطريقة الاعتياديَّة بالافق الزيبقي لكبر الزاوية وقد تنزل الشمس الى الافق النظري الى جهة الشمال اذا كان البحر الى تلك الجهة من الناظر باستقبال الشمال وانزال الشمس الى الافق الشمالي ثم اطرح ٩٠° من الارتفاع بعد اصلاحهِ للانكسار الخ فما يبقى فهو البعد عن سمت الراس ثم افعل كما تقدَّم

مثال . ارتفاع الشمس الظاهر بالسدس ٦٤° ٣٩' ٤٠" مطلوب عرض المكان

الارتفاع الظاهر	٦٤°	٣٩'	٤٠"
½ ق الشمس		١٥	٥٣٫٥
ارتفاع مركز الشمس الظاهر	٦٤	٥٥	٣٣٫٥
اضف الاختلاف			+ ٣٫٦
	٦٤	٥٥	٣٧٫١
اطرح الانكسار			– ٢٣٫٩
ارتفاع مركز الشمس الحقيقي	٦٤	٥٥	١٣٫٢
اطرحهُ من ٩٠°	٩٠		
البعد عن سمت الراس	٢٥	٤	٤٧٫٨
اضف ميل الشمس لانهُ شمالي	٨	٣٨	٣٣٫٤
العرض =	٣٣	٤٣	٢١٫٢

(٩٩) قد يحدث احيانًا ان الشمس لا تُرَى وقت الظهر في ايام الشتاء او للغيم في ايام الصيف ولنا واسطة لاستعلام العرض من رصد ارتفاع الشمس مرتين في اية ساعة كانت من النهار ويين المرة الاولى والثانية ساعة او اكثر وان امكن يجب ان يكون الوقت بين الرصد الاقرب الى الظهر والظهر اقل من الوقت بين الرصدين ويتضح كيفية العمل من هذا الرسم

ليكن ف ز (شكل ٣٤) خط نصف النهار للمكان و ز سمت الراس ص مكان الشمس في الرصد الاوَّل وصَ مكانها في الثاني ثم في المثلث ص ف صَ مفروض الوقت بين الرصدين = الزاوية ص ف صَ وايضًا ف ص وف صَ = متم ميل الشمس في الوقتين وايضًا ز ص ز صَ

متم الارتفاع في الوقتين بعد اصلاحهِ للاختلاف والانكسار وخطاء الآلة وانخفاض الافق ان استعمل الافق النظري وان استعمل الزيبق فلا يقتضي اصلاح للانخفاض


شكل ٣٤

ثم في المثلث ص ف صَ نستعلم اولاً الزاوية ف صَ ص ثم الضلع ص صَ ثم في المثلث ص ز صَ لنا الاضلاع الثلاثة فستعلم الزاوية ز صَ ص اطرح منها الزاوية ف صَ ص تبقى الزاوية ف صَ ز ثم في المثلث ف صَ ز لنا الزاوية ف صَ ز والضلعان ف صَ ز صَ ومنها نستعلم الضلع ف ز وهو متم عرض المكان

ليقع خط وهمي من الزاوية المجهولة غير المطلوبة عمودياً على ف صَ وسمِّ قسماً من ف صَ صَ ب مثلاً

$\frac{1}{2}$ ق : ن ج ف : مماس ص ف : مماس ف ب (٣٠)

ثم فضلة صَ ف و ف ب = صَ ب

ج صَ ب ج ف ب :: مماس ف : مماس صَ (٣١)

ان كان صَ ف اكبر من صَ ب تكون صَ و ف متشابهتين

وان كان صَ ف اصغر من صَ ب تكون صَ و ف مختلفتين . فعُرِفَت الزاوية ف صَ ص ولكي يستعلم ص صَ

ن ج ف ب : ن ج صَ ب : ن ج ص ف : ن ج ص صَ (٣٢)

ان كان صَ ب و ف ب متشابهتين تكون ف ص و ص صَ متشابهتين والاّ فمختلفتين

ثم في المثلث ز صَ ص مفروض الاضلاع الثلاثة مطلوب الزاوية ز صَ ص

فلنستخدم العبارة الاولى من عبارات نيبر لهذا المفروض لان الزاوية المطلوبة ليست منفرجة

لنفرض صَ ز = ب ص ز = ا ص صَ = س $\frac{1}{2}$ ق = واحد ا + ب + س = م

$$\text{ج } \tfrac{1}{2} \text{ زاوية ز صَ ص} = \frac{\sqrt{\text{ج}(\tfrac{1}{2}\text{م} - \text{ب}) \times \text{ج } \tfrac{1}{2}(\text{م} - \text{س})}}{\sqrt{\text{ج ب} \times \text{ج س}}} \qquad (٣٣)$$

لاتمام العمل بموجب هذه العبارة خذ نصف مجتمع الاضلاع واطرح منهُ الضلعين المحيطين بالزاوية المطلوبة والى جيبي الباقيين اضف المتم الحسابي لجيبي الضلعين واقسم المجتمع على اثنين فما كان فهو جيب $\frac{1}{2}$ الزاوية المطلوبة . او استخدم احدى العبارات في صحيفة ١٤٤ من كتابي في التعاليم

ثم اطرح ف صَ ز من زصَ ص يبقى زصَ ف ثم في المثلث زصَ ف لنا الضلعان والزاوية بينهما مطلوب الضلع الآخر زف فحسبما تقدّم ليقع عمودي من ز على صَ ف

½ ق : ن ج ف صَ ز :: ماس زصَ : ماس صَ ب (٣٤)

فضلة صَ ف وصَ ب = ف ب

ن ج صَ ب : ن ج ف ب :: ن ج صَ ز : ن ج زف (٣٥)

ان كان صَ ب وف ب متشابهتين تكون صَ ز وزف متشابهتين وإلّا فمختلفتين

مثال . ساعة ٨ و٣٠ د ق ظ وقت ظاهر كان ارتفاع الشمس الظاهر ٤٣° ٣٤′ ٤٠″ وساعة ١٠ و٣٠ د كان ارتفاع الشمس ٦٦° ٣٠′ ٣٥″ مطلوب عرض المكان على افتراض ميل الشمس في الرصد الاوّل ١٩° ٥٤′ ٤٣‴ ٤٨″ وفي الثاني ١٩° ٥٣′ ٤‴ ٤٦″

تفصيل العمل

الرصد الاوّل ٨ س ٣٠ د ق ظ الارتفاع الظاهر	٤٣° ٣٤′ ٤٠″
خطاء الآلة	١′
الاختلاف +	٣٤‴ ٦″
½ قطر الشمس +	١٥′ ١‴ ٤٦″
	٤٣° ٤١′ ٣٤‴ ٣٢″
الانكسار −	٨٤‴ ٥٩″
	٤٣° ٤٠′ ٥٠‴ ٣٣″ = ارتفاع مركز الشمس الحقيقي عند الرصد الاوّل

الرصد الثاني ١٠ س ٣٠ د ق ظ الارتفاع الظاهر	٦٦° ٣٠′ ٣٥″
½ قطر الشمس +	١٥′ ١‴ ٤٦″
خطاء الآلة +	١′
	٦٦° ٣٧′ ١‴ ١١″
اختلاف +	٥٣‴ ٣″
	٦٦° ٣٧′ ٥٣‴ ١٤″
الانكسار −	٣٤″
	٦٦° ٣٦′ ٥٣‴ ٥٠″ = ارتفاع مركز الشمس الحقيقي عند الرصد الثاني

الوقت بين الرصدين = ٢ˢ = ٣٠° = زاوية ص ف صَ

٩٠° — ٤٣° ٠٤′ ٥٠″ ٣٣‴ = ٤٧° ١٩′ ٠٥″ ٢٧‴ = ص ز

٩٠° — ٦٦° ٢٦′ ٥٣″ ٥٠‴ = ٢٣° ٣٣′ ٤٨″ ٩‴ = صَ ز

الميل عند الرصد الاوّل = ١٩° ٥٤′ ٤٢″ ٤٨‴ فيكون ص ف = ٧٠° ٥′ ٥٨″ ١١‴

" عند الثاني = ١٩° ٥٣′ ٠٤″ ٤٦‴ " صَ ف = ٧٠° ٦′ ٩٦″ ١٣‴

لاستعلام ف ص صَ ½ ق : ن ج ف :: م ف ص : م ف ب مثلاً. فضلة ف صَ و ف ب = صَ ب

ج صَ ب : ج ف ب :: م ف : م ف ص صَ ان كان ف صَ > صَ ب تكون زاويتا

صَ و ف متشابهتين والّا فمختلفتين

ن ج ف ٣٠° = ٩٫٩٣٧٥٣٠٦

م ف ص ٧٠° ٥′ ٥٨″ ١١‴ = ١٠٫٤٤٠٩٧٩٠

١٠٫٣٧٨٥٠٩٦ = م ف ب = ٦٧° ١٨′ ١٦″ ١‴

ف صَ = ٧٠° ٦′ ٩٦″ ١٣‴

ف ب = ٦٧° ١٨′ ١٦″ ١‴

٢° ٤٨′ ٨٠″ ١٣‴ = صَ ب صَ و ف متشابهتين

ج ف ب ٦٧° ١٨′ ١٦″ ١‴ = ٩٫٩٦٤٨٩٥٣

م ف ٣٠° = ٩٫٧٦١٤٣٩٤

١٩٫٧٣٦٣٣٤٧

ج صَ ب ٢° ٤٨′ ٨٠″ ١٣‴ = ٨٫٦٨٩٤١٣٣

١١٫٠٣٦٩٣١٥ = م صَ = ٨٤° ٤٥′ ٦١″ ٧‴

لاستعلام صَ ص ن ج ف ب : ن ج صَ ب :: ن ج ف ص : ن ج صَ ص

ن ج صَ ب ٢° ٤٨′ ٨٠″ ١٣‴ = ٩٫٩٩٩٤٨٠٠

ن ج ف ص ٧٠° ٥′ ٥٨″ ١١‴ = ٩٫٥٣٣٣٤٥٠

١٩٫٥٣١٧٣٥٠

ن ج ف ب ٦٧° ١٨′ ١٦″ ١‴ = ٩٫٥٨٦٤٧٥٧

٩٫٩٤٥٣٤٩٣ = ن ج صَ ص =

= ٣٨° ١٠′ ٣٧″ ١٠‴

في المثلث ص ز صَ ص ز = ٤٧° ١٩′ ٥٠″ ٣٧‴

صَ ز = ٣٢° ٣٣′ ٤٨″ ٩‴

ص صَ = ٢٧° ١٠′ ٣٧″ ١٠‴ مطلوب زصَ ص

المجتمع ٩٨° ٥٢′ ٣٥″ ٤٧‴ (٢

نصف المجتمع ٤٩° ٢٦′ ٢٦″ ٣٣‴

البقية الاولى ٦٣° ٢′ ١٤″ ١٤‴ ج = ٩٫٦٤٣٦٧٩١

" الثانية ٢١° ١٦′ ٢٥″ ١٣‴ ج = ٩٫٥٥٩٦٣٠٦

ص ز = ٣٢° ٣٣′ ٤٨″ ٩‴ م ح ج = ٠٫٤٠١٣٩٣٧

صَ ص = ٢٨° ١٠′ ٢٧″ ١٠‴ م ح ج = ٠٫٣٢٥٩٨٢٨

(٢ ١٩٫٩٣٢٩٥٨٦٢

٩٫٩٦٤٧٩٣١ = ج ½ زصَ ص =

= ٦٧° ١٤′ ٢٣″ ٢٣‴

٢

١٣٤° ٢٨′ ٤٤″ ٤٦‴ = زصَ ص

ف صَ ص = ٨٤° ٤٥′ ٦١″ ٧‴

٤٩° ٤٣′ ٨٣″ ٣٨‴ = زصَ ف

في زصَ ف زصَ = ٣٢° ٣٣′ ٤٨″ ٩‴

صَ ف = ٧٠° ٦′ ٩٦″ ١٣‴

لاستعلام زف ½ ق : ن ج صَ :: م صَ ز : م صَ ب

فضلة صَ ب وصَ ف = ف ب ن ج صَ ب : ن ج ف ب :: ن ج صَ ز : ن ج ف ز

ان كان صَ ب و ف ب متشابهين يكون صَ ز و ف ز متشابهين والاّ فمختلفتين

ن ج زصَ ف ٤٩° ٤٣′ ٨٣″ ٣٨‴ = ٩٫٨١٠٥١٧٧

م صَ ز ٣٢° ٣٣′ ٤٨″ ٩‴ = ٩٫٦٣٥٩٣٣٧

٩٫٤٤٦٤٥١٤ = م صَ ب = ١٥° ٣٧′ ٥″

صَ ف = ٧٠° ٦′ ٩٦″ ١٣‴

صَ ب = ١٥° ٣٧′ ٥″

٥٤° ٣٩′ ٩٦″ ٨‴ = ف ب فيكون صَ ز و ف ز متشابهين

ن ج ف ب ٥٤° ٣٩′ ٩٦٫٨″ = ٩٫٧٦٤١٠٤٧
ن ج ص َز ٢٢° ٣٣′ ٩٫٤٨″ = ٩٫٩٦٣٧٧٣٦
١٩٫٧٣٦٨٧٧٣
ن ج ص َب ١٥° ٢٧′ ٥″ = ٩٫٩٨٣٦٦١٤
٩٫٧٤٤٣١٥٩ = ن ج ف ز =
= ٥٦° ٣٣′ ١٣٫٣″ = متم العرض
٩٠°
٣٣° ٢٦′ ٨٨٫٥٧″ = العرض

في كيفيّة اصطناع المزاول

(١٠٠) ان الشمس في الظاهر تكمل دورانًا واحدًا حول الارض في ٢٤ ساعة فتكون حركتها كل ساعة $\frac{٣٦٠°}{٢٤}$ = ١٥° ثم ان حسبنا الارض شفّافة ومحورها ف فَ مظلمًا يقع ظل الخط ف فَ على الخط من خطوط نصف النهار الذي يقابل مكان الشمس ويتحرّك ذلك الظل ١٥° كل ساعة فليكن ف رم (شكل ٣٥) خط نصف النهار لمكان ز فعند الظهر يقع ظل ف فَ على ف رفَ ويقطع سطح الافق ن و ر في الخط س ر ثم بعد ساعة اي الساعة الواحدة بعد ١٢ يقع ظل ف فَ على الخط ف ١ فَ ويقطع سطح الافق في الخط س ١ وبعد ساعتين يقع الظل على الخط ف ٢ فَ ويقطع سطح الافق في الخط س ٢ وهكذا الى النهاية


شكل ٣٥

الزاوية ر س ١ = ١٥° و ر س ٢ = ٣٠ وهلمّ جرًّا الخ و ف ر معروفة اي عرض المكان و ف ر ١ قائمة والزاوية ر ف ١ = ١٥° مطلوب ر ١ اي قياس الزاوية البسيطة ر س ١ اجعل ف ر اوسط فيكون ر ف ١ و ر ١ الجزءين المتواليين وحسب قاعدة نيبير

½ ق × ج ف ر = ن م ر ف ١ × م ر ١ و ½ ق = ١ اي م ر ١ = $\frac{ج ف ر}{ن م ر ف ١}$

اي م ر ١ = ج ف ر × م ر ف ١ (٣٦)

وهكذا ماس ر ٢ = ج ف ر × م ر ف ٢ الخ

اسي ماسات الزوايا ٢ ١ س ١ ١٢ س ٢ الخ = ج العرض × ماسات الزوايا الحادثة عند القطب اي ١٥° ٣٠° ٤٥° الخ

فان فُرِض عرض مكان ٣٣° ٤٣′ ٢٠″ نضيف جيب هذا العرض الى ماس ١٥° فيكون لنا ماس الزاوية ر س ا وهكذا الخ

ثم انقل هذه الخطوط وهذه الزوايا الى سطح الارض عند ز فيكون لك مزولة موازية سطح الافق تصلح لعرض مكانك ولا فرق ان جعلت ز د عموديًا على سطح الدائرة او مائلاً غير انه ان كان مائلاً يجب ان تكون الزاوية د ز ١٢ = عرض المكان

(١٠١) ان اردت اصطناع مزولة عمودية على سطح الافق فاحسب ظل ف فَ واقفًا على سطح عمودي على سطح الافق مارًّا بمركز الارض فيقع الخط س ١٢ على الخط س م ثم افعل كما تقدَّم ثم بعد اصطناع المزولة ركبها حتى يقع الظل عند الظهر على الخط س ١٢ او اجعل الخط س ١٢ على موازاة خط نصف النهار لمكانك بضبطه على نجم القطب عند وصوله الى خط نصف النهار حسبما تقدَّم في الكلام عن العرض

في هيئة الارض وكثافتها

(١٠٢) قد راينا سابقًا عـ ٨ ان للارض هيئة شبه كرةٍ ولما كان نصف قطر الارض قاعدة المثلثات التي تتم بها القياسات الفلكية فيجب التدقيق التام في معرفته وهو يستعلم من اربعة اشياء

الاوَّل فعل القوَّة الدافعة الى خلاف جهة المركز الحاصلة من دوران الارض على محورها

الثاني قياس اقواس من خطوط نصف النهار على سطح الارض

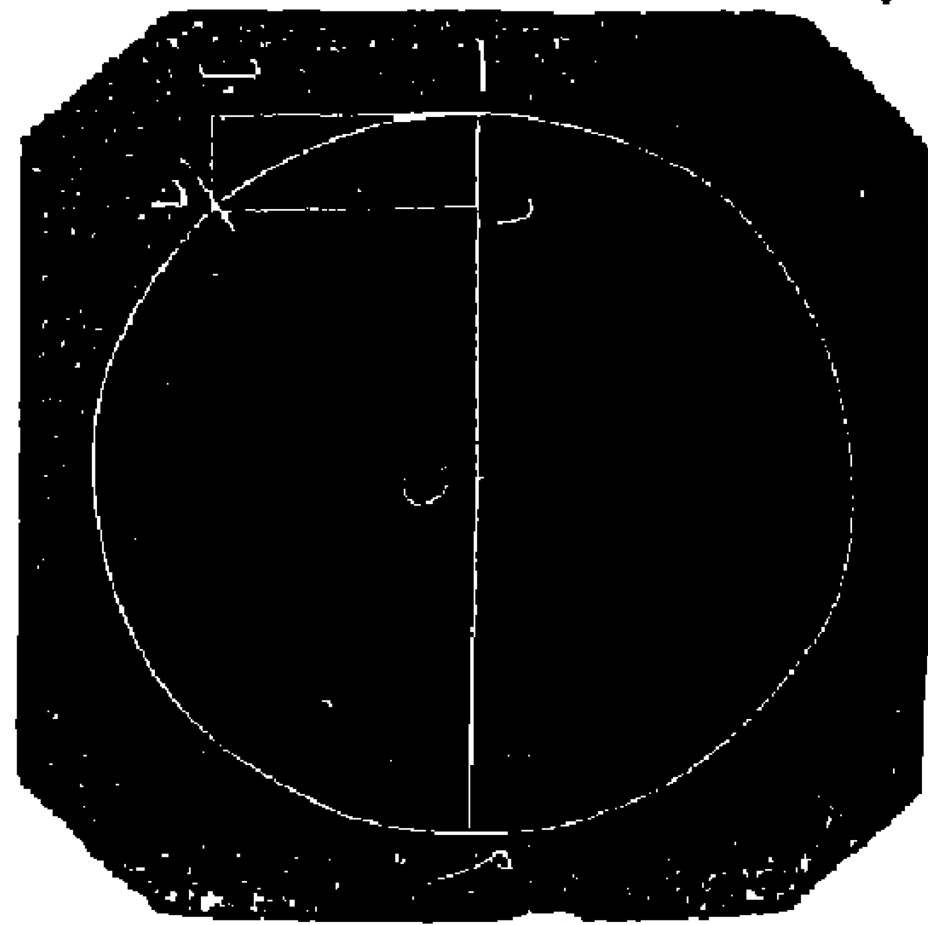
الثالث اختلاف خطران رقاص في اماكن مختلفة

الرابع اختلاف فعل جاذبية الارض بالقمر بسبب زيادة الهيولى في الجهات الاستوائية

(١٠٣) القاعدة الاولى للقوَّة الدافعة عن المركز اذا تحرَّك جسمٌ في دائرةٍ

اذا دار جسم في دائرة فالقوة الدافعة عن المركز او الجاذبة الى المركز (لانهما متساويتان) تتغيَّر بالنسبة الى مربع السرعة مقسومًا على $\frac{1}{2}$ ق الدائرة

لنفرض ا د (شكل ٣٦) = س السرعة اسي المسافة التي يدورها جسم في ثانية واحدة فالقوة الدافعة يدل عليها ا ب ولولا القوة الجاذبة نحو المركز لمرَّ الجسم على ا ب ولكن القوة


شكل ٣٦

الجاذبة ا ر تجذب نحو ي فيتحوّل الجسم عن ا ب الى ا د فلتكن الجاذبة ج اما ا د فيدل على القوس او على وتر ذلك القوس لان الفرق بين قوس صغيرة ووترها لا يعتدّ به

فلنا ا ر : ا د :: ا د : ا م (اقليدس ق ٨ ك ١ م)

او ج : س :: س : ٢ × ½ ق اي ج = $\frac{س^2}{2 \cdot \frac{1}{2} ق}$ اي الجاذبة تتغير بالنسبة الى $\frac{س^2}{\frac{1}{2} ق}$

وفي كل حركة في دائرة القوة الجاذبة والدافعة متعادلتان وفي دائرة مفروضة قيمة ½ ق ثابتة فتتغيرّ القوة الدافعة او الجاذبة بالنسبة الى مربع السرعة

مثاله . في ادارة كرة مربوطة بخيط على طول مفروض اذا تضعّفت السرعة يزيد الشدّ على الخيط ٤ اضعاف فيقتضي ان تزيد متانة الخيط اي القوة الجاذبة ٤ اضعاف ايضًا

(١٠٤) القاعدة الثانية — اذا دار جسم في دائرة فالقوة الجاذبة او الدافعة هي بالنسبة الى ½ ق الدائرة مقسومًا على مربع وقت الدوران

لنفرض ت وقت الدوران في المحيط ٢ π ½ ق (انظر كتابي في المساحة الخ صحيفة ٢٢٤) ولتكن س = السرعة في ثانية واحدة

فلنا ٢ π ½ ق = ت س وس = $\frac{2\pi \frac{1}{2} ق}{ت}$ وس^2 = $\frac{4\pi^2 \frac{1}{2} ق^2}{ت^2}$ وقد تقدَّم (١٠٣) ان

ج = $\frac{س^2}{2 \cdot \frac{1}{2} ق}$ = $\frac{2\pi^2 \frac{1}{2} ق}{ت^2}$ وذلك يتغيرّ بالنسبة الى $\frac{\frac{1}{2} ق}{ت^2}$

فان كان الوقت ثابتًا يجب ان تزيد القوة الجاذبة بالنسبة الى زيادة نصف القطر لان ج ∝ ½ ق اي اذا تضعّف طول الخيط يقتضي ان تضعف متانتهُ لكي يدبر الكرة في الوقت الاوّل

(١٠٥) لو فُرِض ان الارض كانت في البدء سائلة ثم دارت على محورها لحصل من ذلك تمدُّد عند خط الاستواء وتسطح عند القطبين وان حسبناها جامدة لتكوّمت المياه عند خط الاستواء وانكشفت اليابسة عند القطبين ويُزعَم من ذلك ان هواجر الارض ليست دوائر تامة بل انها اهليجيات بناءً على معرفتنا بفعل الحركة الى خلاف جهة المركز في سائر الاجسام وقد صرَّح بذلك اولاً اسحق نيوتون وقد تثبت من اوجهٍ شتى

(١٠٦) في القوة الدافعة عن المركز على سطح الارض — كل جوهر من الهيولي على سطح الارض يتاثر بالقوة الدافعة

ليكن ن ص (شكل ٤٧) المحور و ج جوهر هيولي متحرّك في دائرة نصف قطرها ج ط فيدل

ج ب على القوة الدافعة . حلها الى ج د على استقامة س ج وج ف مماس الدائرة ن وص . فانّ فعل ج د يخفف وزن ج وفعل ج ف يدفعهُ نحو خط الاستواء على جهة مماس للسطح عند ج . فاذا كانت الجواهر على سطح الارض قابلة الحركة لا تبقى الصورة الكروية الاّ عند القطبين ن وص فينخفضان والاجزاء على خط الاستواء ي ق ترتفع فيحفَظ الجوهر على الموازنة بالموازنة بين ذلك القسم من الجاذبية الجاذبة نحو خط الاستواء اي ج ف والقسم من الجاذبية نحو المركز الذي يجذبهُ على السطح المائل نحو القطب

شكل ٣٧

(١٠٧) في خسارة الوزن عند خط الاستواء بالدوران اليومي

لنفرض ن وزن جرمٍ دالاًّ على فعل الجاذبية ولنفرض $\frac{١}{٢}$ غ = ($١٦\frac{١}{١٢}$) قدمًا اي الفسحة التي يمرُّ عليها الجرم الواقع في ثانية واحدة وج القوة التي تُميرُ الجرم على ا ر (شكل ٣٦) في ثانية وار (من حيثيَّة كونهِ قياس ج) = $\frac{٢\pi^{٢}\,\frac{١}{٢}\text{ق}}{\text{ت}^{٢}}$ (ع $\frac{١٠٤}{}$) فاذًا

$$\text{ن} : \text{ج} :: \tfrac{١}{٢}\text{غ} : \frac{٢\pi^{٢}\,\frac{١}{٢}\text{ق}}{\text{ت}^{٢}} \quad \text{اي} \quad \text{ج} = \text{ن} \times \frac{٤\pi^{٢}\,\frac{١}{٢}\text{ق}}{\text{غ ت}^{٢}} \qquad (٣٧)$$

وبالتعويض عن هذه الحروف بقيمنها

$\frac{١}{٢}$ ق الارض الاستوائي = ٣٩٦٢٫٨ ميلاً = ٢٠٩٢٣٥٨٤ قدمًا

والارض تدور مرة في ٢٤ ساعة نجمية = ٨٦٤٠٠ ثانية نجمية وبتحويلها الى ثواني شمسية (ع $\frac{٦٣}{}$) اي بضربها في ١٫٠٠٢٧٣٧٩١ تصير

ت = ٨٦١٦٤″ ثانية

$$\text{و ج} = \text{ن} \times \frac{٤ \times (٣٫١٤١٥٩)^{٢} \times ٢٠٩٢٣٥٨٤}{٣٢\frac{١}{٦} \times (٨٦١٦٤)^{٢}} = \frac{\text{ن}}{٢٨٩}$$

وبما ان القوة الجاذبة على خط الاستواء تجذب الى المركز بالاستقامة فالجرم على خط الاستواء يخسر من وزنهِ بدوران الارض اليومي $\frac{١}{٢٨٩}$

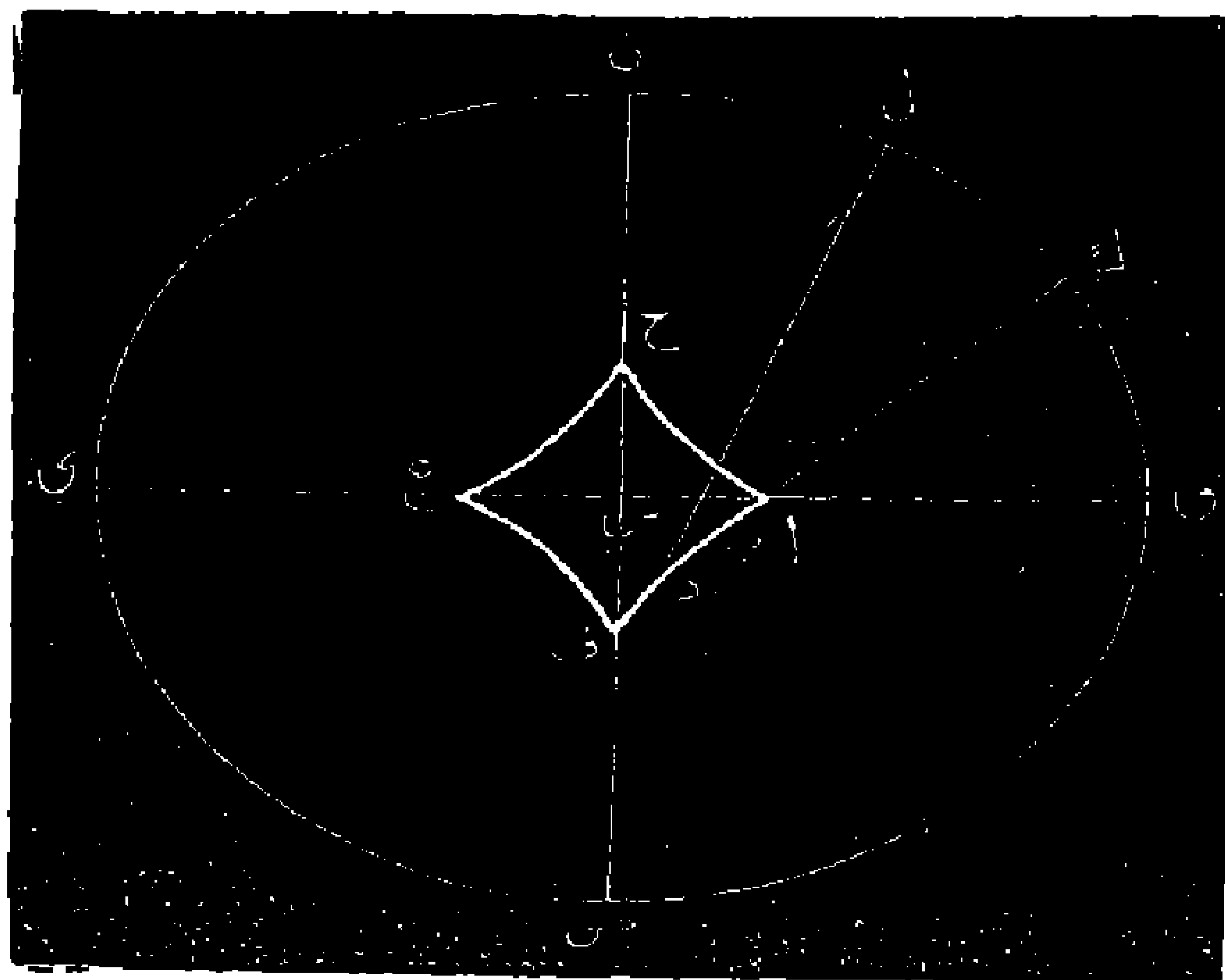
(١٠٨) اما الخسارة في عرضٍ آخر فلانَّ ج يتغير بالنسبة الى $\frac{١}{٢}$ ق كما تقدَّم (ع $\frac{١٠٤}{}$) فالقوة الدافعة عن المركز هي على معظمها عند خط الاستواء ولا شيء عند القطبين ونسبة القوة الدافعة على خط الاستواء : تلك القوة في عرض آخر مثل ج (شكل ٣٧) :: وس : ج ط ا ب

:: $\frac{1}{2}$ ق : ن ج العرض ولكن القوة الدافعة لا تقاوم الجاذبية على خط مستقيم الاَّ عند خط الاستواء فاذا كان ج ب كل القوة الدافعة عند ج يكون ج د القسم منها الذي يقاوم الجاذبية ونسبة ج ب : ج د : ج س : ج ط اي :: $\frac{1}{2}$ ق : ن ج العرض فيقل الوزن ايضًا على النسبة المذكورة فنسبة خسارة الوزن على خط الاستواء الى خسارته في اي عرضٍ فُرِض :: $\frac{1}{2}$ ق : مربع ن ج العرض اي ج د ∞ ج ط²

(١٠٩) قد ظهر بالرقاص ان وزن جسم على خط الاستواء يقل عما هو عند القطب $\frac{1}{194}$ وقد تبرهن ان الخسارة بالقوة الدافعة هي $\frac{1}{289}$ فيبقى $\frac{1}{590}$ لا يعلل عنهُ بهذا السبب فيُنسَب الى الهيئة الهليلجية بها يصير خط الاستواء ابعد من القطب عن المركز

(١١٠) ثم يبرهن صحة ما تقدَّم بقياس اقواس من خطوط نصف النهار في اماكن مختلفة بين خط الاستواء والقطب فان وُجِدَت الدرجات متساوية ابدًا تكن الارض كرة وان وُجِدَت الاميال في درجة من العرض تزيد بالاقتراب الى القطبين تكون شبيهة بكرة وقطرها القطبي اقصر من قطرها الاستوائي

لو كانت الهواجر دوائر لكانت درجات العرض على طول واحد اينما وقعت واذا طالت الدرجة نحو القطب فلانَّ نصف قطر القوس قد طال فتكون تلك القوس قوسًا من دائرة اكبر وتغيير الانحناء على هذه الكيفية من خصائص الهليلجي فعند ق (شكل ٢٨) تكون الدرجة اقصر وعند ك اطول وعند ل اطول وهكذا الى القطب ن . ومركز قوس ق هو ا اي اقرب الى السطح من مركز الهليلجي ومركز ك عند ب ومركز ل عند د ومركز القوس القطبي ن عند ف اي الى الجهة المتقابلة من المركز س . فمراكز الربع الهليلجي ق ن هي في المخني ا ب د ف وهو المسمَّى



شكل ٢٨

دَرْج ذلك الربع فكل ربع من كل هاجرة حاصل من انفراش درج والدروج الاربعة تكوّن الشكل ا ف غ ح حول المركز فلا نقطة من الهاجرة مركزها في مركز الارض

(١١١) ولاجل ايضاح كيفية قياس خط من خطوط نصف النهار لنفرض

e = مباعدة الهاجرة اي فضلة نصف المحور الاكبر وبعد المركز عن المحترق

A = نصف المحور الاطول اي $\frac{1}{2}$ ق الارض الاستوائي

B = نصف المحور المنضم " " " القطبي

ط و طَ طول قوسين من الهاجرة بينهما ١° من العرض

ع عَ عرض منتصف القوس ط والقوس طَ

فيستعلم ع عَ وط وطَ بالرصد والقياس وقد تقدّم كيفية استعلام العرض اي ع وعَ فلاستعلام ط وطَ قس القاعدة ا ب بالتدقيق (شكل ٣٩) على سهل متسع وعيّن مقامات الى الجنوب اوالى الشمال س د ي ح ف بحيث يُرَى س من ا ومن ب ويرى د من س و ب ويُرَى ي من س ود وهلمّ جرًّا الى النهاية فالامر ظاهر انهُ بعد قياس ا ب فعلاً وقياس الزوايا عند ب وس يستعلم ا س وس ب وهكذا في كل المثلثات. ثم حوّل هذا القياس الى سطح الافق هكذا

شكل ٣٩

ليكن ز (شكل ٤٠) سمت الراس وم ن الافق وا ب مقامين واستعلم ارتفاعهما م ا ن ب والبعد بينهما ا ب ثم في المثلث ز ا ب مفروض الاضلاع فنستعلم الزاوية ز اي القوس م ن قياسها على الافق. ويُستغنَى عن هذا التحويل اذا قيست الزوايا بواسطة آلة ذات نظارة تتحرّك عمودية على الافق

وعند قياس ا س ب (شكل ٣٩) تُعرَف الزاوية الحادثة بين ا س والهاجرة ومسطّح كل ضلع X نظير جيب الزاوية المشار اليها (اي التي يحدثها مع الهاجرة) يعدل طول ذلك الضلع اذا أُلقِي على سطح الهاجرة ومجتمع القاءات صف من الاضلاع مثل ا ب وب س وس د ود ي وي ح وح ف يعدل ل لَ

شكل ٤٠

افرض a = مجتمع الالقاءات المشار اليها اميالاً

وع ش = عرض النقطة ا اي الشمالية

وع ح = " " ف " الجنوبية

فلنا ع ش − عَ ج : ١° :: a : ط

وط = $\frac{a}{\text{ع ش} - \text{عَ ح}}$ وع = $\frac{\text{ل ش} + \text{ل ح}}{٢}$

كرّر هذا العمل في مكان آخر الى الشمال او الى الجنوب من الاوّل فتستعلم قيمة طَ ولَ فيستعلم طول قوسٍ من الهاجرة في العرضين ومن ذلك المحيط حسب قواعد قطع المخروط في خصائص

الهليلجيات

(١١٢) قد قاس معلمو هذا الفن اقواس من خطوط نصف النهار على درجات مختلفة من العرض وكانت كما ياتي

في الهند الشرقية في عرض ١٢° ٣٢′ ٢٠″ فكانت الدرجة ٣٦٢٩٥٦ قدمًا

" " "	"	١٦°	٨′	٢١″	"	"	٣٦٣٠٤٤	"
" اميركا	"	٣٩°	١٢′		"	"	٣٦٣٧٨٦	"
" ايطاليا	"	٤٣°	٥٩′		"	"	٣٦٤٢٦٢	"
" فرانسا	"	٤٤°	٥١′	٢″	"	"	٣٦٤٥٧٢	"
" دنيمارك	"	٥٤°	٨′	١٤″	"	"	٣٦٥٠٨٧	"
" روسيا	"	٥٦°	٣′	٥٥″	"	"	٣٦٥٢٩١	"
" اسوج	"	٦٦°	٢٠′	١٠″	"	"	٣٦٥٧٤٤	"

وعلى موجب هذه القياسات يكون e^2 = ٠٫٠٠٦٨٤٦٨

٢A = القطر الاستوائي ٧٩٢٥٫٦٠٤ ميلاً

٢B = " القطبي ٧٨٩٩٫١١٤ "

المعدل ٧٩١٢٫٣٥٩

فضلة القطرين ٢٦٫٤٩ ميلاً والهليلجية اي فضلة ½ ق الاستوائي والقطبي في اجزاء من الاستوائي محسوبًا واحدًا = $\frac{B-A}{A}$ = $\frac{1}{٢٩٨}$ من المعدّل (٣٨)

فيكون جرم الارض (٧٩١٢٫٣٥٢)³ × $\frac{\pi}{6}$

= ٠٫٥٢٣٦ = ٢٥٩٤٠٠٠٠٠٠٠٠ ميل مكعب

و ٢٥٩٨٠٠٠٠٠٠٠٠ اذا اضفنا الزيادة

(١١٣) وقد اتضح ايضًا ان دائرة خط الاستواء ليست دائرة تامة بل هليلجية وان قطرها من طول ١٤° ٢٣′ شرقًا الى ١٩٤° ٢٣′ شرقًا اطول من العمودي عليه ميلين

الاطول ٤١٨٥٣٨٦٤ قدمًا

الاقصر ٤١٨٤٣٨٩٦ قدمًا

(ذُكِرَ في اعمال الجمعيّة الفلكيّة مجلّد ٢٩ سنة ١٨٦٠) فلو توهمنا كرة مصنوعة على القطر القطبي يكون الفرق بين الكرة الموهومة والكروية الحقيقية حلقة او منطقة او قشرة عمقها عند خط الاستواء ١٣ ميلاً ترق عن الجانبين نحو القطبين وهذه المنطقة او هذه الحلقة قد سُمّيت حلقة الارض الاستوائية

وهي تأثر في حركات الارض والقمر بنسبة بعضها الى بعض من زيادة الجاذبية عليها

(١١٤) محيط الارض الاستوائي ٢٥٠٠٠ تقريبًا او ٢٤٨٩٩ تمامًا ودرجة العرض في ٥٠° هي ٧٠ ميلاً تقريبًا وفيها من الوف الاقدام ما يعدل ايام السنة اي ٣٦٥٠٠٠ وكل ثانية ١٠٠ قدم تقريبًا في العرض المذكور

(١١٥) ثالثًا يبرهن كون هيئة الارض شبيهة بكرة من خطران رقاص على موجب قاعدة في الميكانيكيات اي ان خطران رقاص على طول واحد اذا فعلت فيهِ قوات مختلفة يتغير كتغيير جذور تلك القوات المالية فاذا انتقل رقاص الى اماكن مختلفة وعُيِّنت مرار خطرانهِ في وقت مفروض تُعرَف نسبة قوة الجاذبية في تلك الاماكن بعضها الى بعض ومن ثمَّ يُحسَب بعد الاماكن عن مركز الارض واخيرًا نسبة القطر الاستوائي الى القطبي وقد وُجِد ان الخطران يسرع بالتقدم الى ناحية القطب فيكون القطب اقرب الى المركز من خط الاستواء

(١١٦) رابعًا يبرهن ان الارض شبيهة بكرة من ان للقمر اختلافًا في حركتهِ حاصلاً من زيادة جاذبية اجزاء الارض الاستوائية فمن هذه الاختلافات يُعرَف مقدار زيادة الهيولي في اجزاء الارض الاستوائية ومن هذه الطرق المستقلة تُعرَف هيئة الارض الحقيقية ومن ثمَّ يُعتمَد على نصف قطرها قاعدةً لقياسات كثيرة

(١١٧) اما من جهة حركتها اليومية من الغرب نحو الشرق فيبرهن من انهُ اذا أُسقِط جسم من علو فلا يقع على خط عمودي من نقطة ابتداء سقوطهِ الى سطح الارض بل الى الشرق منهُ لان الحركة في الاعالي اسرع مما هي في الاسافل وذلك على خط الاستواء يختلف قيراطين على السقوط من علو ٥٠ قدم وقد تبرهن هذا الامر من امتحانات كثيرة أُجرِيت في اماكن كثيرة عن يد علماء كثيرين

وتبرهن حركة الارض من الغرب الى الشرق اليومية مما سُمِّي عمل فوكولت نسبةً الى من اجراهُ اولاً وهو انهُ اذا عُلِّق ثقل بخيط دقيق طويل وخطر مثل رقاص ساعة فالسطح الذي يخطر فيهِ هو عمودي على الافق ويمر بنقطة التعليق والثقل يرسم خطًّا مستقيمًا وعلى قصرهِ يُحسَب موازيًا لسطح الافق ومن تلقاء خاصية السكون التي يشترك فيها كل جسم يتحرّك في سطح واحدٍ ابدًا او اذا تحرّكت نقطة التعليق يتحرّك في سطح يوازي الاوّل ابدًا. فاذا خطر شمالاً وجنوبًا عند خط الاستواء اي في سطح الهاجرة يبقى على ذلك لانهُ بحركة الارض من الغرب الى الشرق لايتحول عن سطح عمودي مارٍّ بنقطة التعليق ولو كان ذلك السطح ينتقل كل لحظة

اذا فُعِل ذلك عند القطب لاتتحرّك نقطة التعليق من موضعها بل تتحرك الارض تحتها ١٥°

كل ساعة والثقل يبقى في سطحهِ الاوّل فالامر كانهُ دار فيرسم اقطار دائرة كاملة في ٢٤ ساعة على نسق ١٥° كل ساعة فاذا أُجرِي العمل بين خط الاستواء والقطب يتحوّل عن الخط الاوّل بالظاهر ونسبة الانحراف : ١٥° :: جيب العرض : $\frac{١}{٢}$ق

ويبرهن دوران الارض على محورها ايضاً من مبادرة الاعتدالين كما سيأتي في محلهِ

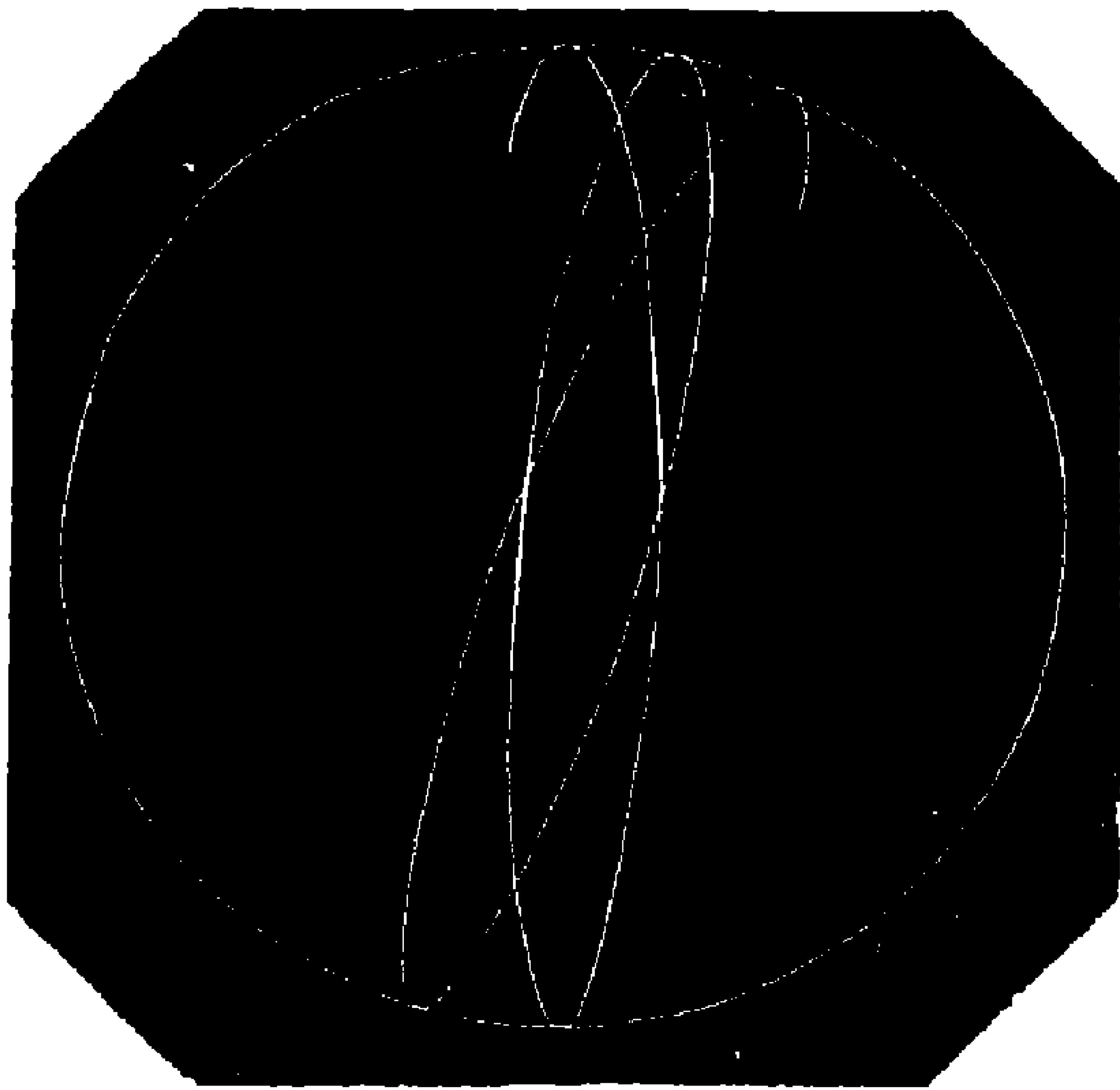
(١١٨) علّق ثقلاً بواسطة شريط طويل فوق مائدة مستديرة السطح واجعلهُ ان يخطر في سطح الهاجرة حتى لا ينحرف بقوة دافعة الى احد الجانبين عند تحريكهِ فاجذبهُ الى الجنوب او الشمال بخيط دقيق ثم افلتهُ باحراق الخيط فيبتدئ يخطر في سطح الهاجرة ثم اذا لاحظتهُ عند طرفي قوس الخطران ترى انهُ بالظاهر قد مال عن سطح الخطران الاوّل فالطرف الشمالي يكون قد تحرّك في السموت نحو الشرق والجنوبي نحو الغرب اذا كان العمل في النصف الشمالي وبالعكس في النصف الجنوبي وبعد حين يُرَى ان الخطوط المرسومة على المائدة ليست هي خطوط مستقيمة كما كانت لو بقيت المائدة ثابتة بل هي منحنيات مثل المرسومة في (شكل ٤١) كلها تتقاطع في مركز المائدة



شكل ٤١

فلو حدث الزيغان عن السطح الاوّل من تحريف الثقل بالتحريك الاوّل لما رسم منحنيات من النوع المذكور بل من النوع المرسوم في (شكل ٤٢) اما المنحنيات من النوع الاوّل فهي نفس ما يقتضيهِ الخطران في سطح واحد ودوران المائدة تحت الثقل . اي قد حمل جانب المائدة الجنوبي الى الشرق اكثر من الجانب الشمالي فكانها قد تحرّكت في سطحها على مركزها

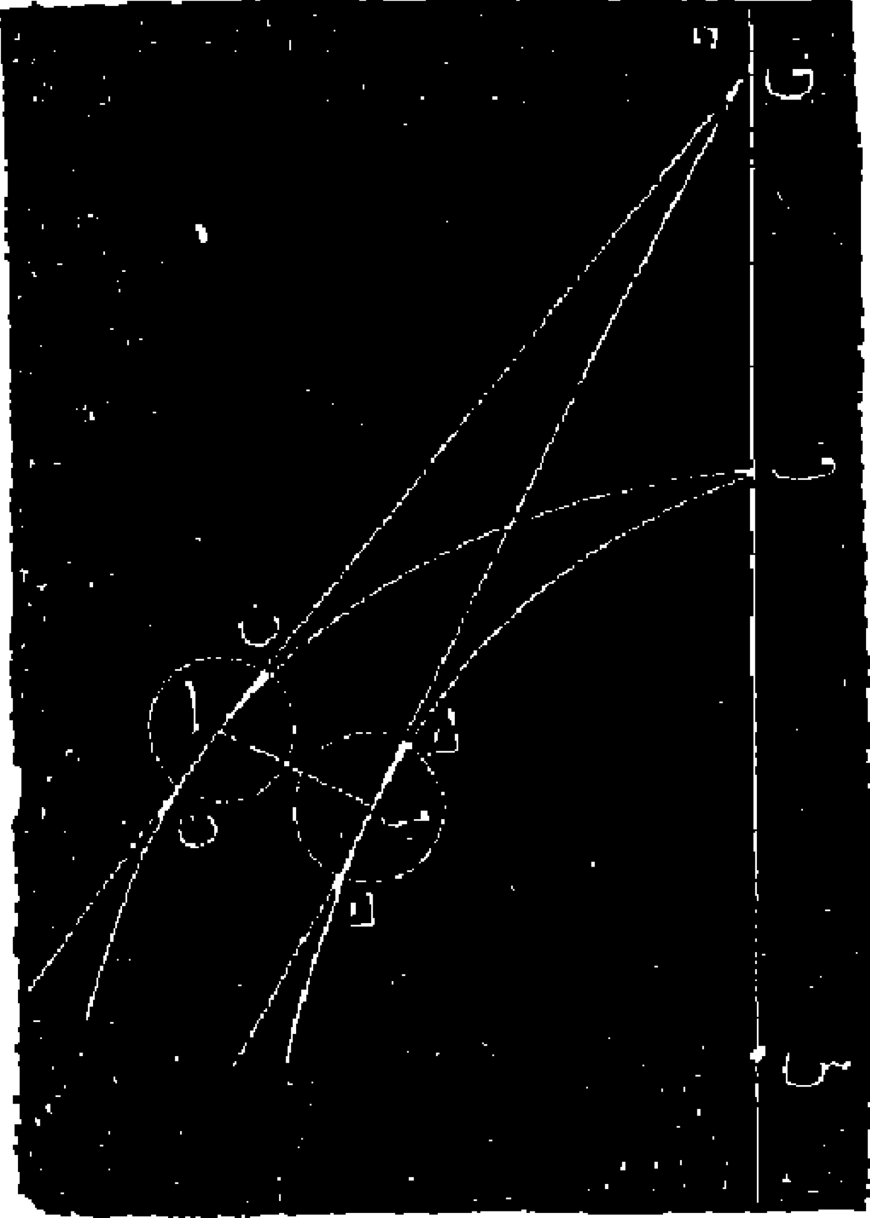
وهذه الحركة دائرة كاملة في ٢٤ ساعة عند القطب ولا شيء عند خط الاستواء كما هو واضح لاقل تأمُّل والعمل اوضح كلما تقدم العامل



شكل ٤٢

نحو القطب كما يتضح من شكل ٤٢

ليكن ف (شكل ٤٢) القطب الشمالي وس مركز الارض وس ف ق محورها بعد اخراجهِ

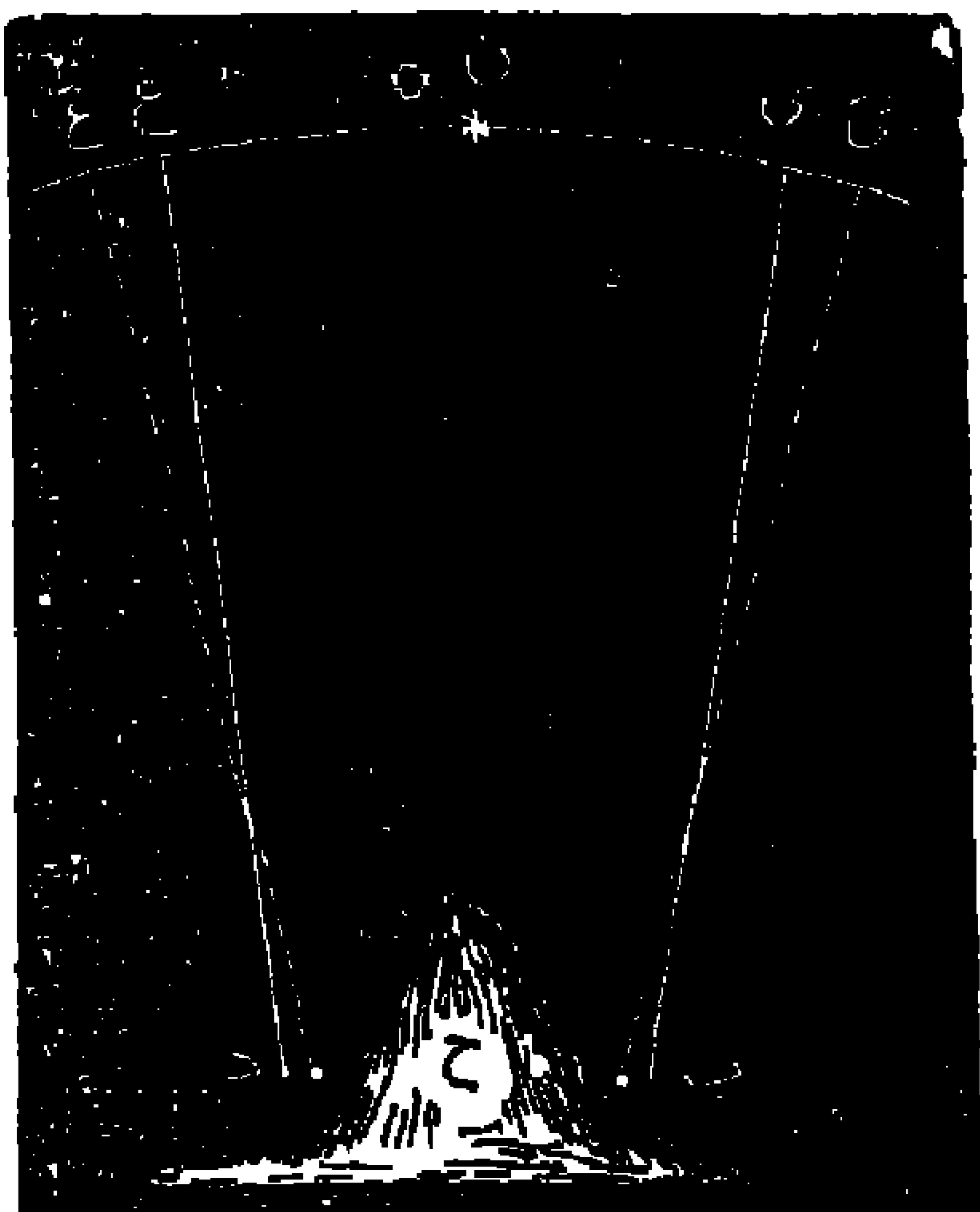


شكل ٤٢

وا وب وضع المائلة في وقتين بينهما دقيقة مثلاً فيها قد دارت الهاجرة ا ف ١٥ ′ حول ف حتى صارت في ب ف فسطح المائلة مماس لسطح الارض فاذا أُخرِج من ا اومن ب يلاقي المحور عند ق راس مخروط قاعدتهُ الدائرة اليومية للمحل وفي هذه المدَّة اليسيرة يُحسَب سطح المخروط ق ا ب مستوياً فتكون حركة المائلة كانها قسم من ذلك السطح وكانها دورانٌ حول ق والنقطة من محيطها المتجه نحو ق وهي عند ا تبقى متجهة الى ق بعد نقلها الى ب والقطر الموافق الهاجرة ينقل من الوضع ن ن الى الوضع ك ك وبينهما الزاوية ا ق ب وهي لاشيءَ عند خط الاستواء اي المماس لا يلاقي المحور وعند القطب هي نفس الزاوية الكروية ا ف ب

(١١٩) ان كثافة الارض بالنسبة الى كثافة الماء :: ٦٧ ٥ : ١ اي ثقلها النوعي = ٦٧ ٥

وقد تأكد ذلك من امتحانات كثيرة منها ما أُجرِي على جبل عالٍ في اسكوتلاندا على هذه الكيفية



شكل ٤٤

ليكن ج (شكل ٤٤) الجبل ب ود مقامين الواحد على جانبهِ الشمالي والآخر على جانبهِ الجنوبي وهما على هاجرة واحدة ون نجماً ون غ ن ي بعد النجم عن سمت الراس للمقامين معروف بالقياس بواسطة نظارة سمتية فلولا الجبل لدل ميزان النظارة على سمت الراس غ وي وجاذبية الجبل قد حرفتهُ الى غَ ويَ فمتى وصل النجم ن الى خط نصف النهار قيس ن يَ ثم في اليوم التالي ن غَ وقد عُرِف ن ي ن غ اي فضلة عرض المقامين فعُرِف انحراف الميزان عن العمودية بجاذبية الجبل فوُجِد غ غَ ي يَ = ٧ ١١″ اي ثقل الميزان الدال على الخط العمودي انحرف عن العمودية اكثر من ١١″ بجاذبية الجبل ثم بقياس الجبل في جهات مختلفة منهُ حُسِب جرمهُ وكثافتهُ ونسبة جرم الجبل : كثافتهِ :: جرم الارض : كثافتها . ووجد من ذلك كثافة الارض ٤٧١٣

(١٢٠) وقد استعلم بعضهم كثافة الارض حديثاً سنة ١٨٧٢ بواسطة ميزان الفتل الذي اخترعهُ

كافندیس في القرن الماضي فوجد ان معدّلها في الصيف ٥٦ ٥ وفي الشتاء ٥٠ ٥ ومعدّلها ٥٢ ٥
ان حسبنا وزن قدم ماء مكعب ½ ٦٢ ليبرا يكون وزن الارض
.. . . ٦٠٦٩ طون
فضلاً عن وزن الهواء وعلى افتراض علو الهواء ٤٧ ميلاً فقط يكون ثقلهُ وحده
. . .. ٥١٧٨ طون
ولكن اجزاء سطح الارض ليس لها هذه الكثافة والنتيجة ان كثافة اجزائها الداخلية اكثر من كثافة احراء سطحها وهذا مثبت الزعم بانها كانت سائلة لان السائل عند جمودهِ تُجذَب اجزاؤهُ الكثف الى نحو مركز الجاذبية

ان معرفة كثافة الارض امر كلي الاعتبار لانهُ منها يستعلم كثافة الاجرام السموية ومن كثافتها مقدار جاذبيتها ومن ذلك فعلها في حركات الاجرام الأُخَر

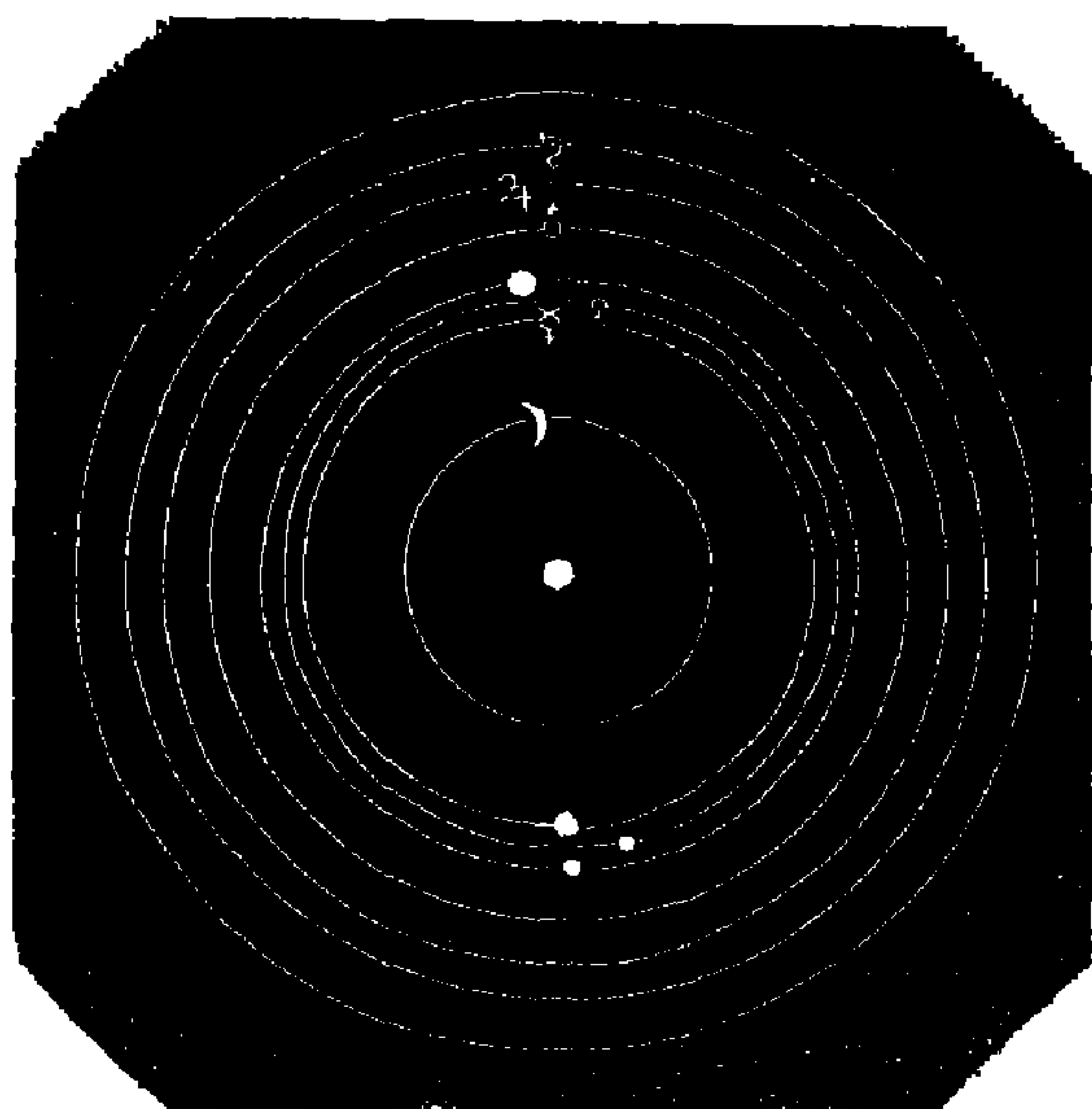
وزعم اسحق نيوتون بان كثافة الارض ٥ او ٦ مرات كثافة الماء وذلك قبل استعلامها بزمان طويل



الجزء الثاني

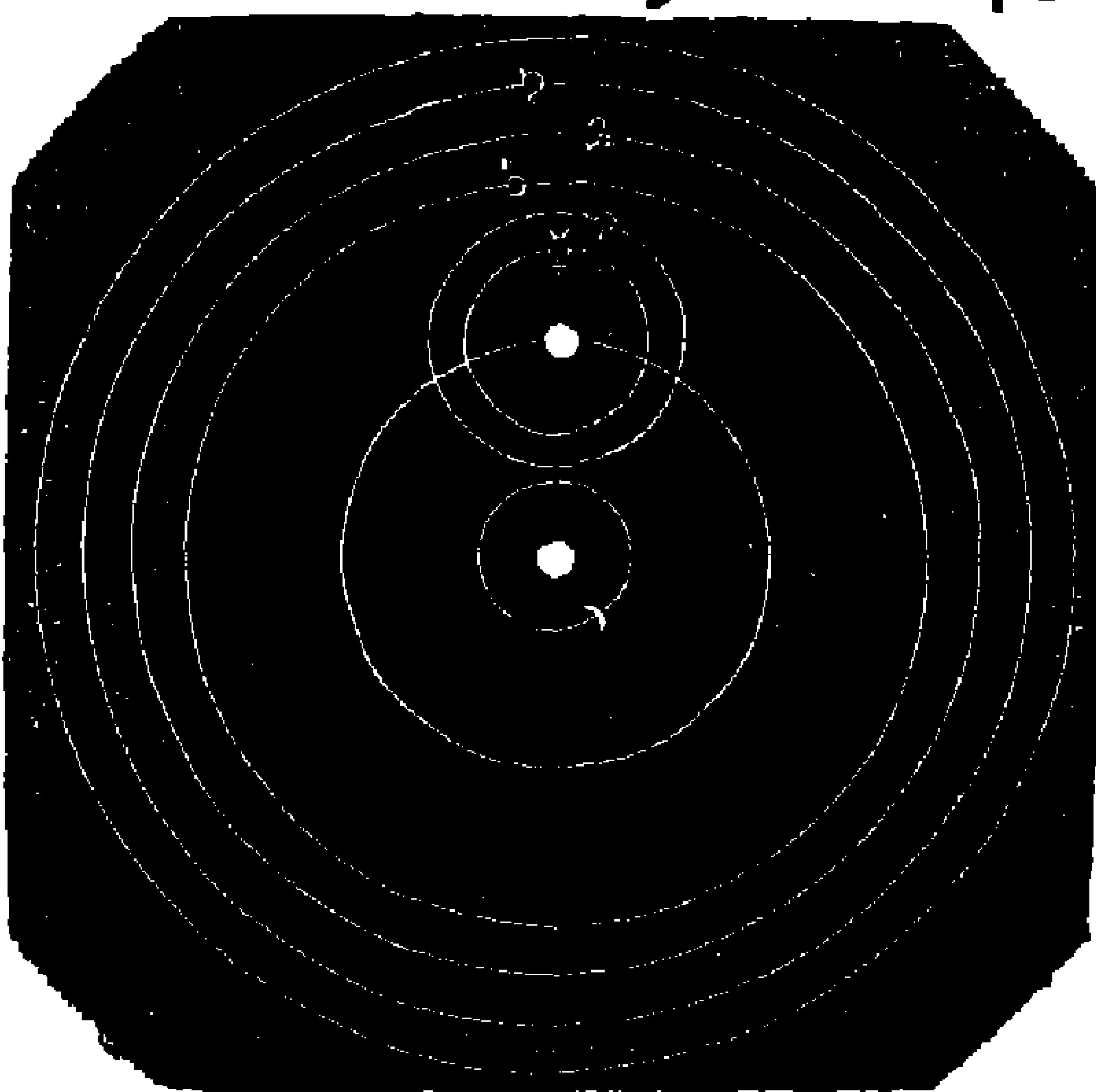
في النظام الشمسي

(١٣١) في ما تقدَّم قد نظرنا الى الارض من جهة نسبتها الى الاجرام السموية فلننظر الآن الى النظام الشمسي اي الاجرام التي لها حركات حول الشمس واولاً الى الشمس نفسها ثم الى القمر ثم الى السيارات ثم الى النجوم ذوات الاذناب



النظام البطليموسي شكل ٤٥

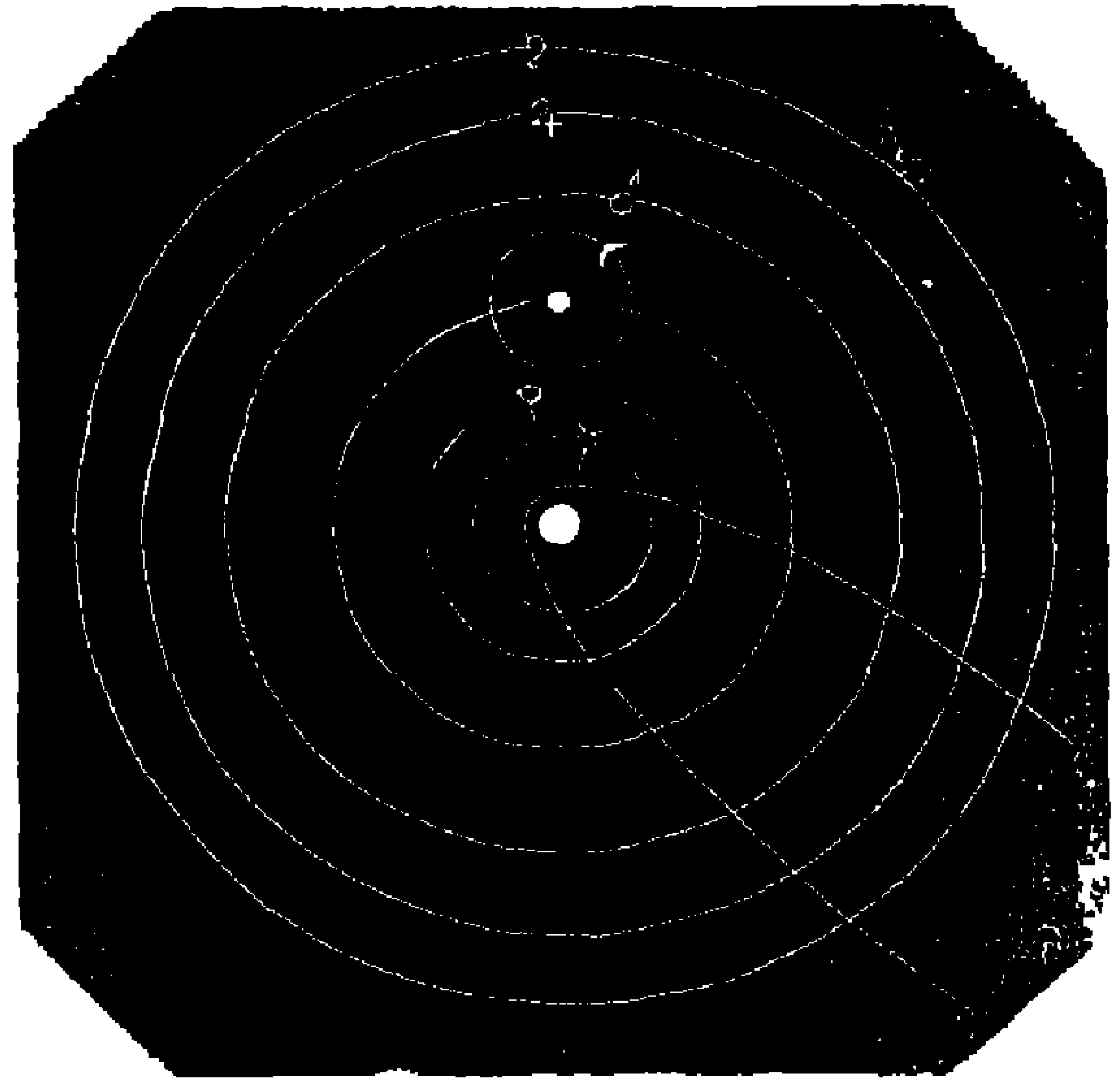
الاراء من جهة النظام الشمسي اربعة الأوَّل الراي البطليموسي نسبة الى بطليموس من مدرسة الاسكندرية صاحب كتاب المجسطي عاش نحو ١٢٠ ق م وعلَّم بان الارض في المركز وكل السيارات تدور حولها اوَّلاً القمر ☽ ثم عطارد ☿ ثم الزهرة ♀ ثم الشمس ☉ ثم المريخ ♂ ثم المشتري ♃ ثم زُحَل ♄ اما ارسترخوس من جزيرة صاموس ق م ٢٨٠ فعلم حسب رايي ارخميذس وفلوطرخوس ان الارض تدور حول الشمس فشُكِي عليهِ بالكفر وبعد ذلك بنحو ٣٠ سنة علل كليانثوس من اسوس عن ظواهر الاجرام السماوية بثبوت الشمس ودوران الارض حولها ودورانها على محورها وهو ايضاً شُكِي عليهِ امام الحكام لاجل الكفر بسبب مضادَّة هذا الرايي الاراء الشائعة



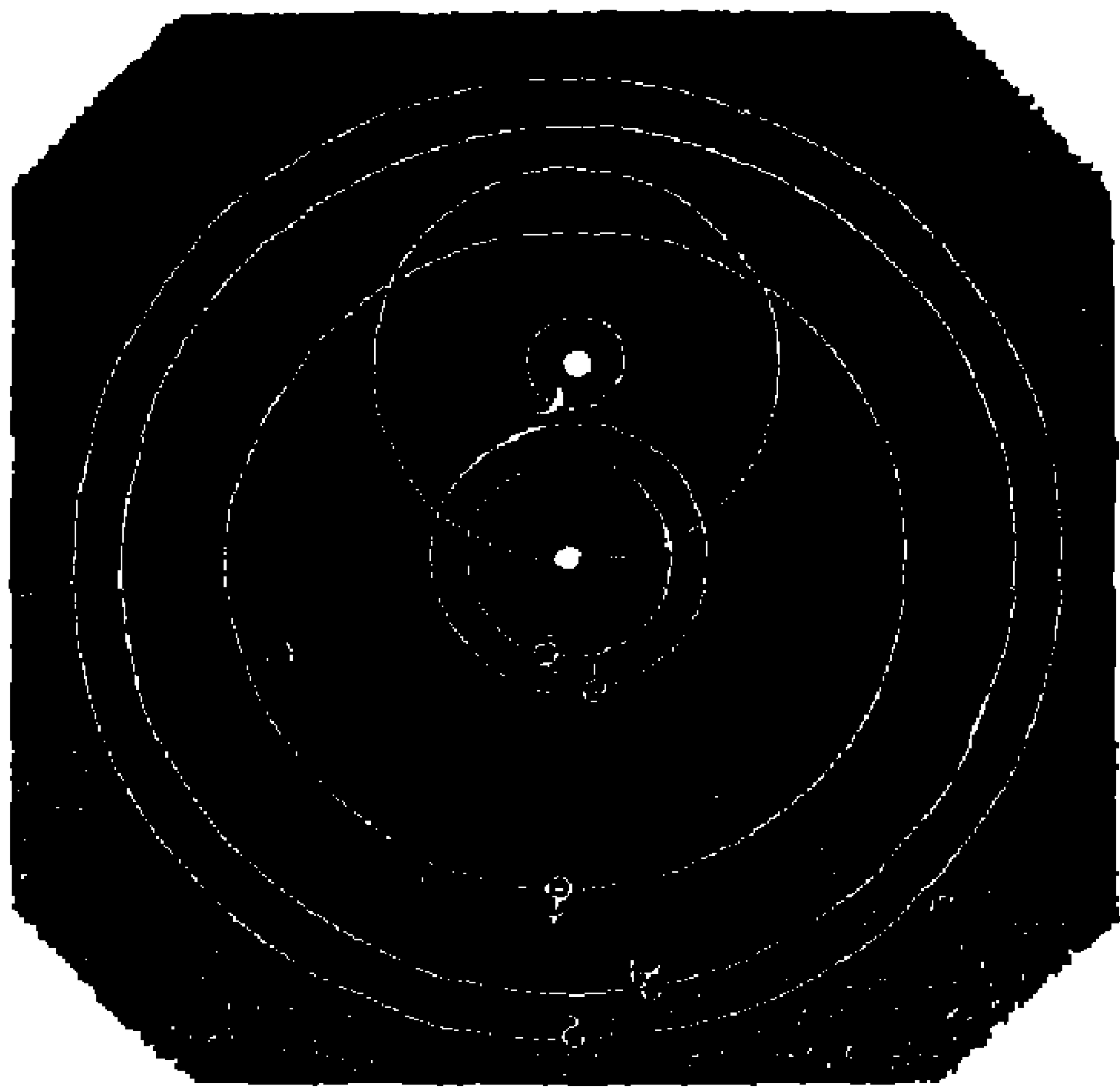
النظام المصري شكل ٤٦

الثاني المصري واختلف عن البطليموسي بان جعل عطارد والزهرة قمرين للشمس يدوران حولها

وبقي الراي البطليموسي غالبًا مدة اقران كثيرة الى القرن الخامس عشر من التاريخ المسيحي لما قام كوبرنيكوس وعلم بثبوت الشمس ودوران السيارات حولها اولاً عطارد ثم الزهرة ثم الارض ثم المرّيخ ثم المشتري ثم زُحَل واشهر رايهُ في كتابهِ المعنون بحركات الاجرام السموية فحكم مجمع فحص كنيسة رومية عليهِ بالهرطقة ونهى عن اشهار كتابهِ وعن قراءتهِ ولو طالت يدهم لحرقوا صاحبهُ او اضطهدوهُ كما اضطهدوا الفيلسوف جليليو في شيخوختهِ



النظام الكوبرنيكي شكل ٤٧



النظام التيخوي شكل ٤٨

الراي الرابع المستحق الذكر راي تيخو براهي جعل الارض في المركز ثابتة ثم القمر يدور حول الارض ثم الشمس تدور حول الارض وعطارد والزهرة وسائر السيارات تدور حول الشمس اقمارًا لها ثم قام كبلر واسحق نيوتون وبيّنا صحة الراي الكوبرنيكي فاندثرت بقية الآراء كلها

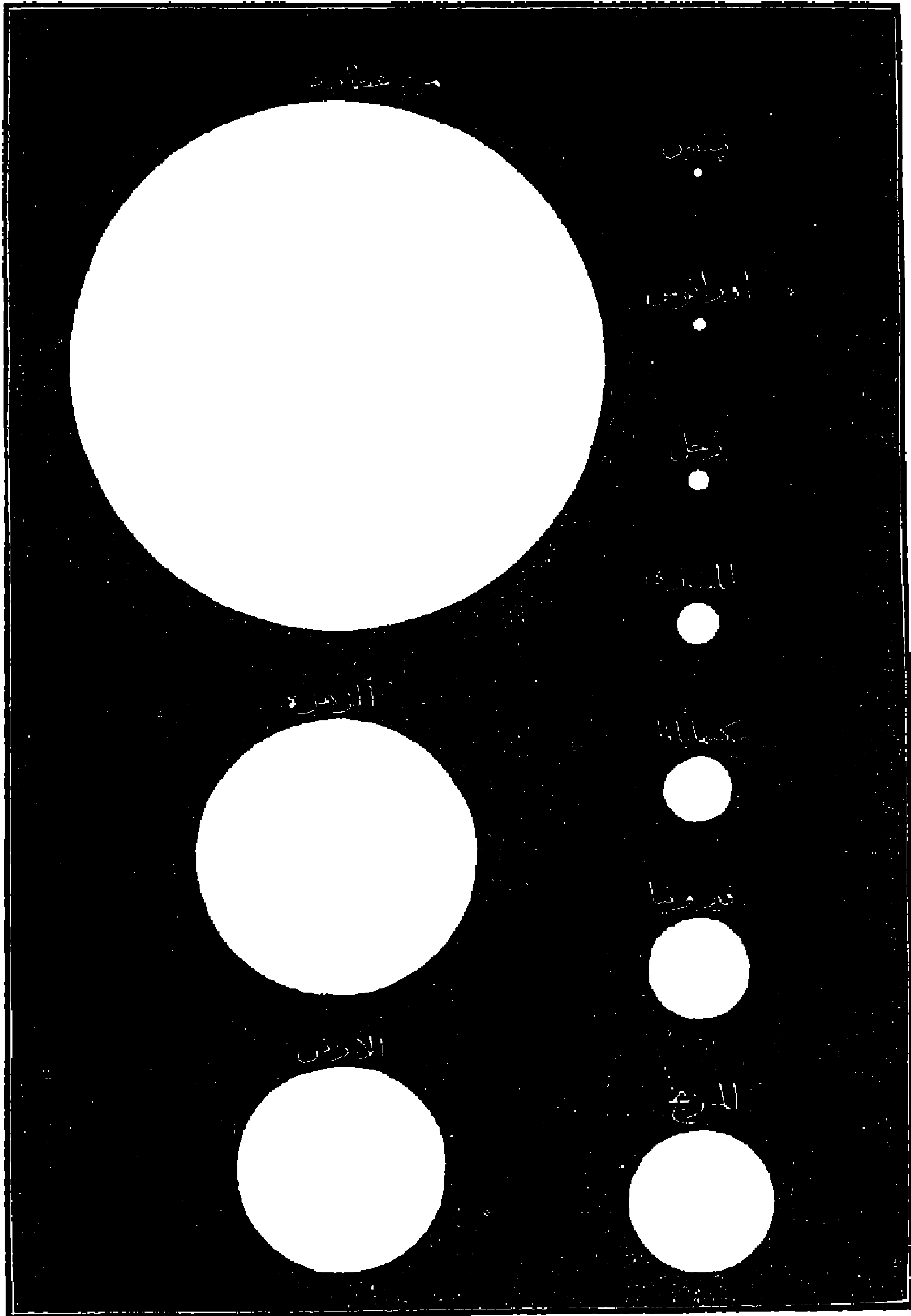
الفصل الاول

في الشمس ۞ والنور البرجي

(١٢٢) ان العين المجردة لا تستطيع النظر الى الشمس من شدّة نورها . ولو نظرت اليها بنظارة لأُتلِفت بالحال من زيادة النور والحرارة فيستعان ببلورات ملوّنة تكسر حدة النور او بقطعة عينيّة تُدخَل في النظارة ترسل بعض نور الشمس الى العين فقط ويمكن النظر اليها بالعين المجرّدة احيانًا اذا حجبها ضباب او سحابة بعض الاحتجاب وايضًا صباحًا ومساء وهي بقرب الافق فنراها

قرصًا مستديرًا نيّرًا كل اقطارها متساوية غير انهُ قد تختلف اقطارها بالظاهر وهي بقرب الافق بسبب الانكسار كما سوف يتضح في محلهِ

ثم ان قطرها الشمس الظاهر في اوّل كانون الثاني اطول ممّا هو في اوّل تموز وهو يصغر قليلاً



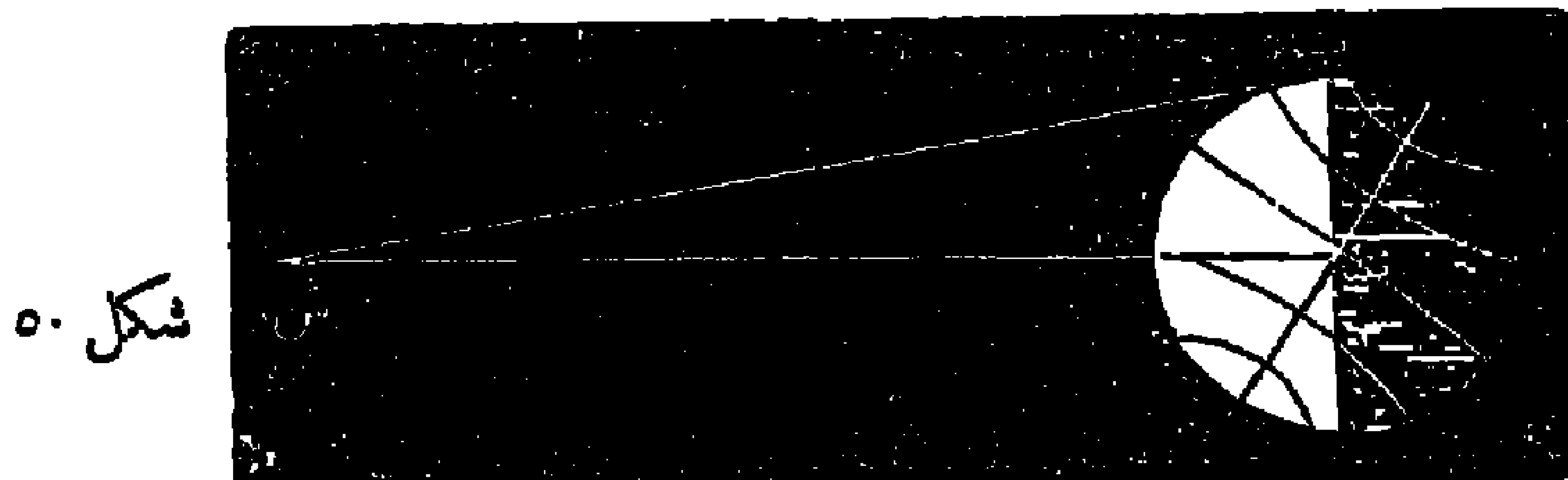
شكل ٤٩ قطر الشمس منظورة اليها من السيارات

كل يوم بين ١ ك ٢ و ١ تموز ثم ياخذ بالزيادة ايضًا حتى يعود كما كان في ١ ك ٢ وسبب ذلك ان الارض اقرب اليهِ في ١ ك ٢ مما هي في سائر السنة وابعد عنها في ١ تموز فكل ما كان الجرم قريبًا ظهر اكبر وكل ما بعد صغر جرمهُ الظاهر فلا بد من ظهور الشمس في عطارد اقرب السيارات اليهِ

اكبر جدًّا ما تظهر في نپتون ابعد السيارات عنها وقطرها الظاهر من عطارد ٨٢ ′ ٤٩ ″ ومن نپتون ١ ′ ٤ ″ وحرارة الشمس ونورها في عطارد ٦٧ °٦ وفي نپتون ٠٠١ ° . على افتراضها في الارض واحدًا اي في عطارد ٦٦٧٠ مرة ما هما في نپتون وللاعانة على تصوُّر هذا الامر قد رسمنا هنا قطر الشمس الظاهر عند كل واحد من السيارات رسمًا نسبيًّا (شكل ٤٩)

(١٢٣) ان معدَّل بُعد الارض عن الشمس هو المُعتمَد عليهِ قياسًا في الحسابات الفلكية اي يُعتبَر هذا البعد واحدًا ثم يقال ان المسافة الفلانية هي كذا وكذا امثال بُعد الارض عن الشمس فيقتضي استعلام ذلك البعد بكل تدقيق ولاجل معرفتهِ يقتضي اولاً معرفة اختلاف الشمس الافقي الاستوائي وهو يستعلم من عبور الزهرة على وجه الشمس كما سياتي بيانهُ . ومن عبور الزهرة الذي حدث سنة ١٧٦٩ حُسِب الاختلاف الافقي الاستوائي على معدَّل بعد الشمس ٥٧٧٦ °٨ ″

فلاجل استعلام بعد الشمس لنا هذه النسبة (شكل ٥٠)


شكل ٥٠

جيب ب ش ت : ½ق :: ب ت : ب س (٣٩)

اي جيب ٥٧٧٦ °٨ ″ : ½ق :: ١٧٦ °٣٩٥٦ : ب س

½ق ١٠ °٠٠٠٠٠٠٠

نسب ١٧٦ °٣٩٥٦ = ٣ °٥٩٧٢٧٥٤

١٣ °٥٩٧٢٧٥٤

جيب ٥٧٧٦ °٨ ″ ٥ °٦١٨٣١٠٦

٧ °٩٧٩٠٦٤٨ = ٩٥٢٩٤٠٠٠ ميل

او جيب ٥٧٧٦ °٨ ″ متمة الحسابي ٤ °٣٨١٧٨٩٤

½ق = ب ٩٠ ° ١٠ °٠٠٠٠٠٠٠٠

½ق الارض ١ ٠٠ ٠٠٠٠٠٠٠

ش ب = ٤ °٣٨١٧٨٩٤ = ٣ °٢٤٠٨٧ =

= امثال نصف قطر الارض في بعد الشمس و ٣ °٢٤٠٨٧ × ١٧٦ °٣٩٥٦ = ٩٥٢٩٤٠٠٠ كما تقدَّم

(١٣٤) وفي سنة ١٨٥٧ اشار سِر جورج أيري رئيس مرصد كرينويج باستعلام اختلاف الشمس الافقي من تحريف المرّيخ عن موضعهِ في صعود مستقيم عند رصدهِ وهو بعيد عن الهاجرة شرقًا وغربًا وذلك من مرصد واحد والسيار في الاستقبال وعلى اقل بعدهِ عن الارض كما كان في الاستقبال سنة ١٨٦٠ و١٨٦٢ وكما يكون ١٨٧٧ فرُصِد بكل تدقيق من مرصد فكتوريا في وَيلس الجديدة الجنوبية ومن تلك الرصود حُسِب الاختلاف الافقي الاستوائي ٨˚٩٤٣"

وقبل ذلك في سنة ١٨٦١ قرَّر لافريير الفرانساوي ان اضطرابات حركات الارض والزهرة والمرّيخ لا يعلل عنها الّا باتخاذ الاختلاف الشمسي اعظم من قيمتهِ المحسوبة من عبور الزهرة سنة ١٧٦٩ اي ٨˚٥٧٧٦" وعلى ما ظهر له حَسِبهُ ٨˚٩٥" ومن رصد المرّيخ في بُلتكوفا وراس الرجاء الصالح حُسِب ٨˚٩٦٤" وقبل ذلك في سنة ١٨٥٤ بينما كان هانسن من كوثا يصطنع زيجات للقمر كاتب رئيس مرصد كرينويج قائلًا ان اختلاف الشمس الافقي المعتمد عليهِ اقل من الحقيقة وفي سنة ١٨٦٣ حسبهُ ٨˚٩١٥٩"

القيمة القديمة المحسوبة من عبور الزهرة	٨˚٥٧٨
قيمة هانسن من معادلة اختلاف القمر	٨˚٩١٦"
" وِنَّكَي من رصد المرّيخ	٨˚٩٦٤"
" ستون " " "	٨˚٩٣٠"
" لافريير من اضطراب المريخ والزهرة والقمر	٨˚٩٥٠"
المعدل	٨˚٩٤"

وهذا الاصلاح القليل في زاوية الاختلاف الشمسي اي ٠˚٣٦" من القوس يجعل معدل بعد الشمس ٩١٤٣٠٠٠٠ ميل . ومقدار الاصلاح نحو غلظ شعرة انسان على بعد ١٢٥ قدمًا عن الناظر فيظهر من ذلك دقة هذه الحسابات . وسوف تحقق هذه القيمة او تُصلَح من رصد عبور الزهرة في كانون ١ سنة ١٨٧٤

(١٣٥) ويعين على ادراك بعد الشمس الشاسع اعتبارنا حركة النور وهي ١٩٢٠٠٠ ميل كل ثانية فيقتضي للنور ٨ دقائق و١٧ ثانية لكي يصل من الشمس الى الارض . اما الصوت فيسير ١١١٥ قدمًا كل ثانية فلو امتدَّ الهواء الكروي الى الشمس حتى يكون قطع صوت تلك المسافة ممكنًا لاقتضى لذلك ١٤ سنة وشهران وطائر يطير كل ساعة ٤٠ ميلًا ينتهي الى الشمس بعد ٢٤٧ سنة

(١٣٦) لاجل استعلام قطر الشمس الحقيقي يقتضي قياس قطرها الظاهر واذ عُرِف بعدها فاستعلام قطرها سهل . اما معدل قطرها الظاهر فهو ٣٢' ٤˚٣" نصفهُ ١٦' ٢˚١" = ١ س

(شكل ٥١) فلنا هذه النسبة

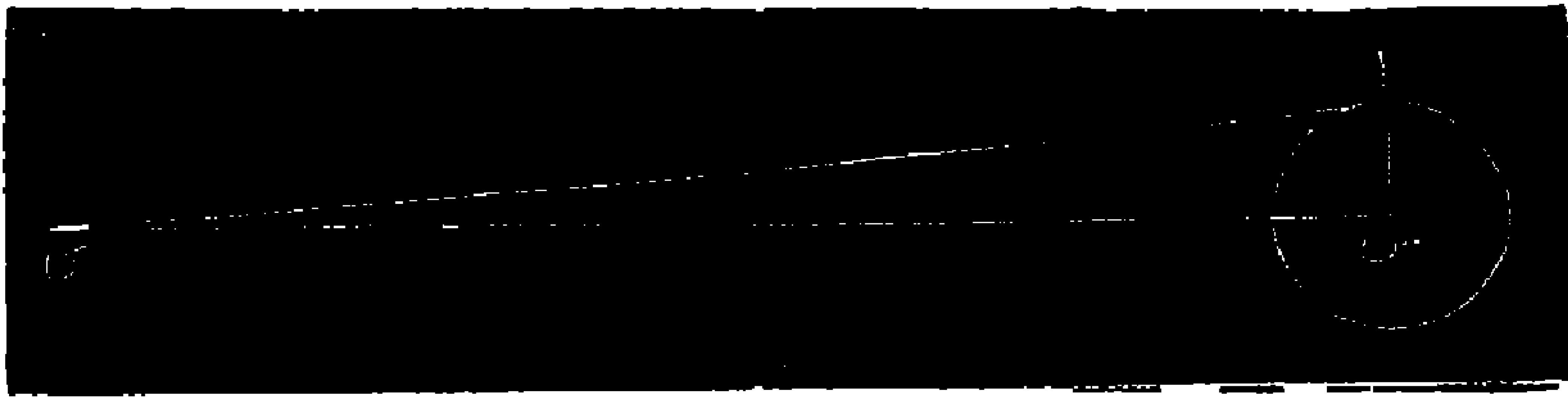
$\frac{1}{2}$ق : جيب ا ي س :: ي س : ا س (٤٠)

$\frac{1}{2}$ق : جيب ١٦َ ٧ً ١ً :: { ٩٥٢٩٤٠٠٠ او ٩١٤٣٠٠٠٠ } : { ٤٤٤٣٠٠ = ا س ، ٤٢٦٢٩٠ = ا س }

فعلى البعد الاوّل يكون قطرها ٨٨٨٦٠٠ ميلاً

وعلى " الثاني " " ٨٥٢٥٨٠ ميلاً

ولا نسطيع عند قطبيها فقطرها القطبي يعدل قطرها الاستوائي على ما عُلِم الى الآن



شكل ٥١

اذا انقسم القطر الظاهر لجرم سماوي على مضاعف اختلافهِ الافقي يكون الخارج نسبة $\frac{1}{2}$ قطرهِ الى $\frac{1}{2}$ قطر الارض لان مضاعف اختلافهِ الافقي انما هو قطر الارض كما يتراآى لناظر في ذلك الجرم وعلى ابعاد متساوية تكون المقادير الظاهرة مناسبة للمقادير الحقيقية

(١٣٧) قيمة ١ً على معدل بعد الشمس = ٤٤٨ ميلاً فقد يكون قطرها القطبي اقصر من الاستوائي ولا يُشعَر بذلك بالوسائط المعروفة الآن لقياس الزوايا

(١٣٨) اذا اعتمدنا على الكمية الثانية دلالة على قطر الشمس يكون قطرها ١٠٨ امثال قطر الارض اي اذا وُضِعت ١٠٨ اروض مثل ارضنا مجانبةً تمدَّ من جانب الشمس الى الجانب الآخر واذا اعتمدنا على القيمة الاولى لقطر الشمس يكون ١١٢ مثل قطر الارض

الكرات تتغير ككعوب اقطارها فنسبة جرم الشمس الى جرم الارض

$١٠٨^٣ : ١^٣$ = ١٢٥٩٧٠٠ : ١ تقريباً

او $١١٢^٣ : ١^٣$ = ١٤٠٠٠٠٠ : ١ تقريباً

وقد حُسِب جرم الشمس ٦٠٠ مرة مجمع اجرام كل السيارات واقمارها معاً فلو وُضِعَت الشمس بحيث يكون مركزها في موضع مركز الارض لامتدَّ محيطها ٣٦ مثل قطر الارض ابعد من القمر كما يتضح من شكل ٥٢

(١٣٩) لاجل استعلام محيط الشمس اضرب القطر ٨٥٢٥٨٠ X ٣٫١٤١٥٩

نسب ٨٥٢٥٨٠ = ٥٫٩٣٠٧٣٥١

" ٣٫١٤١٥٩ = ٠٫٤٩٧١٤٩٩

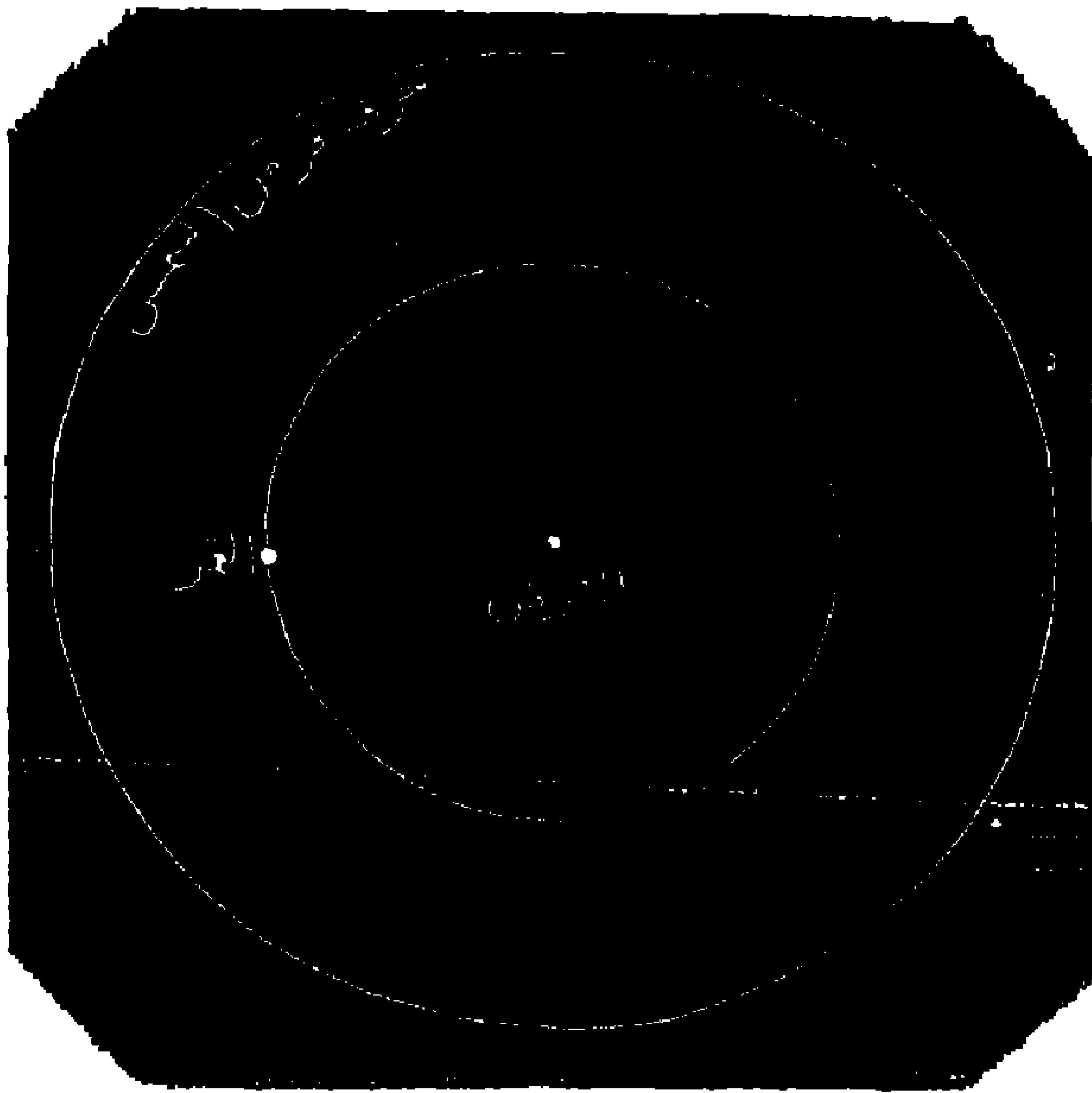
ميل ٢٦٧٨٥٠٠ = ٦٫٤٢٧٨٨٥٠

واذا حسبنا قطرها ٨٨٨٦٠٠ ميل يكون محيطها ٢٧٨٥٤٠٠

اما مساحتها بالنسبة الى مساحة الارض فلكون مساحة الكرات بالنسبة الى مربعات اقطارها

لنا $١٠٨^٢ : ١ :: ١١٦٦٤ : ١$

او $١١٢^٢ : ١ :: ١٢٥٤٤ : ١$



شكل ٥٢

(١٢٠) قد تقدَّم ان جرم الشمس نحو ١٢٥٩٧٠٠ مثل جرم الارض وقد ظهر بواسطة سياني بيانها ان مادة الشمس الطف من مادة الارض وان نسبة مادتها الى مادة الارض كنسبة ٣١٤٧٦٠ : ١ فتكون نسبة كثافة الشمس الى كثافة الارض :: ٣١٤٧٦٠ : ١٢٥٩٧٠٠ اي :: ١ : ٤ فاذا كان ثقل الارض النوعي اي ثقلها بالنسبة الى الماء ٥٫٦٧ كما حسبها بيْلي (ع ١٢٠) يكون ثقل الشمس النوعي ١٫٤٢٣

(١٢١) اما كيفية استعلام مادة الشمس فقد تبرهن ان الجاذبية تتغير كمقدار المادة وبالقلب كمربع البعد اي

$ج \propto \frac{م}{ب^٢}$ ونبرهن ايضًا ان الجاذبية تتغير كالبعد وبالقلب كمربع المدة (ع ١٠٤) اي

$ج \propto \frac{ب}{و^٢}$ فبالمساواة لنا

$\frac{م}{ب^٢} = \frac{ب}{و^٢} \therefore م \propto \frac{ب^٣}{و^٢}$ اي اذا دار جرم حول آخر فمادة الجرم المركزي تتغير ككعب البعد وبالقلب كمربع وقت دوران الجرم الدائر حوله . فلكي نقابل مادَّة الارض التي يدور حولها القمر بمادة الشمس التي تدور حولها الارض لنا

$$\frac{\text{بعد القمر}^{٣}}{\text{مدة القمر}^{٢}} : \frac{\text{بعد الشمس}^{٣}}{\text{مدة الشمس}^{٢}}$$

$$\frac{٢٣٨٦٥٠^{٣}}{(٢٧٫٣٢)^{٢}} : \frac{٩٥١٢٤٠٠^{٣}}{(٣٦٥٫٢٥٦)^{٢}} :: ١ : ٣٥٤٤٠٠ \text{ تقريباً} \qquad (٤١)$$

ونسبة ٣٥٤٠٠٠ : ١٤٠٠ ٠٠٠ :: ١ : ٤ تقريباً كما تقدم

(١٢٣) اما قوّة الجاذبية على سطح الشمس فتُستعلَم مما تقدم من جهة نسبة مادة الشمس الى مادة الارض . لانهُ قد تبرهن ان $ج \propto \frac{م}{(\frac{١}{٢}ق)^{٢}}$

فلنفرض و = الوزن على سطح الارض ووَ الوزن على سطح الشمس فلنا

$$و : وَ :: \frac{١}{١^{٢}} : \frac{٣٥٤٠٠٠}{١١٢^{٢}} :: ١ : ٢٨ \qquad (٤٢)$$

اي وزن جسم على سطح الشمس ٢٨ مرة وزنهِ على سطح الارض فان سقط جسم على سطح الارض $١٦\frac{١}{١٢}$ قدماً في الثانية الاولى فعلى سطح الشمس يسقط $١٦\frac{١}{١٢} \times ٢٨ = ٤٥٠\frac{١}{٢}$ قدماً في الثانية الاولى من سقوطهِ

(١٢٤) الشمس بالنسبة الى الارض والسيارات ثابتة فاذا قلنا الشمس اشرقت او غابت او الشمس تتحرك من برج الى برج كل شهر فالمعنى الحركة الظاهرة وهي حاصلة من حركة الارض لا حركة الشمس وهي بالنسبة الى الثوابت واحدة منها وموقعها في المجرّة

الشمس كرة تحيطها مادة نيرة ترسلُ بالاشعاع نورها وحرارتها الى ابعد من السيار نبتون اي اكثر من ٢٧٠٠ الف الف ميل وقد حُسِب ان الارض تنال $\frac{١}{٢٣٨١ ٠٠٠ ٠٠٠}$ من حرارة الشمس وكل تاثيرها في الارض هو من هذا القسم الجزئي من حرارتها ونورها فكلها يفوق الادراك وعلى حساب بعضهم حصة الارض السنوية تكفي لتذويب صفيحة جليد كاسية كل سطح الارض عمقها ٥٠ ذراعاً وعلى حساب بعضهم نورها يضاهي نور ٥٥٦٢ شمعة من السنيارين على بعد قدمٍ واحدٍ اما نور القمر فحُسِب انهُ يضاهي نور شمعة على بعد ١٢ قدماً فيزيد نور الشمس على نور القمر ٨٠١٠٧٢ مرة وحسب بعضهم ٦١٨٠٠٠ مرة

(١٢٥) ينبغي الاحتراس من النظر الى الشمس بالعين المجردة لئلاَّ تُؤْذى بشدة النور والحرارة ولو نُظِر الى الشمس بنظارة بدون واسطة لتوقية العين لأُتلِفت بالحال ويمكن تاكيد سطح الشمس بسهولة اذا أُلقِيت صورتها على قرطاس بواسطة نظارة بعد وضع حاجب بين طرفيها ليقع ظلهُ على

القرطاس فعند النظر الى سطح الشمس بهذه الواسطة او راسًا بواسطة قطعة عينيّة مناسبة تلاحظ اربعة اشياء (١) الكُلَف (٢) المشاعيل (٣) التبقيع (٤) الكرة الغازية المحيطة

(١) الكلف. هي على هيئات مختلفة غير ثابتة موضعًا وشكلاً وقلما يخلو وجه الشمس منها تارةً تكثر واخرى تقل متفرّقة على وجهها كما في الصورة الاولى (شكل ٥ و٦) وفي رصود شوابي من دَسّاو مدّة ٣٠ سنة في بعض السنين لم تخلُ الشمس من كلف يومًا واحدًا وفي بعض السنين خلت يومًا واحدًا وفي البعض خلت ١٩٣ يومًا

(١٢٥) ان لم تكن الكلفة صغيرة جدًّا يرى لها قسمان النواة السوداء والظل حول النواة (انظر الصورة الاولى) اما النواة السوداء فربما تكون سوداء بالنسبة الى شدّة النور حولها كما يتضح من القاء نور الشمس على قسم من قرطاس ابيض فان القرطاس في القسم غير المصاب بنور الشمس يبان اسود بالنسبة الى شدّة بياض القسم المنوّر. وتارةً يشتدُّ سواد النواة وتارةً يضعف اما الظل فمساحته الى مساحة النواة كنسبة ٧ الى ٣ تقريبًا وهو افتح لونًا وعند حافته حول النواة نتوات تطفُ على النواة تشبه ورق الصفصاف هيئةً وتارةً تمتدُّ قنطرة فاكثر من وُرَيقات الصفصاف من جانب الكلفة الى الجانب المقابل فتنفصل الكلفة الواحدة الى قسمين او الى عدة اقسام (انظر صورة ٢) فكانَّ الكلفة حدثت من تفرقع شديد على سطح الشمس دفع مادة الكرة النيرة الى كل الجهات فظهرت هوّة عظيمة عميقة ثم اخذت تلك المادة بالرجوع الى موازنتها فامتد منها قطع والسنة من الجانبين حتى التقت. وهذه القناطر تدل على ان الكلفة قد اخذت با لانمحاء والزوال من ذلك الموضع

(١٢٦) قد تبلغ الكلفة مساحة عظيمة جدًّا. ذُكِرَت كلف قطرها ١٤٠٠٠٠ ميل وذكر هرشل الثاني كلفة مساحتها ٠٠٠ ٠٠٠ ٣٧٨٠ ميل مربع واذا اجتمعت عدة كلف بعضها بقرب بعض فقد تمتد على ربع قطر قرص الشمس واذا زادت الكلفة عن ٥٠″ قطرًا تُرَى بالنظر المجرّد من وراء ضباب او زجاج ملوّن (الصورة الثانية شكل ١ كلفة رآها نسمث ٢٩ تموز سنة ١٨٦٩ وشكل ٢ كلفة رآها سكي ٣٠ ك ٢ سنة ١٨٦٥)

(١٢٧) ان هذه الكلف لا تُرَى بقرب قطبي الشمس وهي قليلة عند خطها الاستوائي واكثر حدوثها في منطقة حدها الى الشمال من خطها الاستوائي ٣٠° او ٣٥° وكذا الى جنوبيه وذكر لاهير الفرانساوي كلفة في عرض شمسي شمالي ٧٠° ولعلهُ خطاءٌ في الحساب وحدوثها الى شمال خط الاستواء اكثر من حدوثها في جنوبيهِ غير انهُ قد لاحظ بعضهم ان كلفة في النصف الشمالي غالبًا يعقبها كلفة في النصف الجنوبي مثل الشمالية عرضًا. وعندما ياخذ مجموع كلف في الزوال فذلك

الصورة الأولى



٢

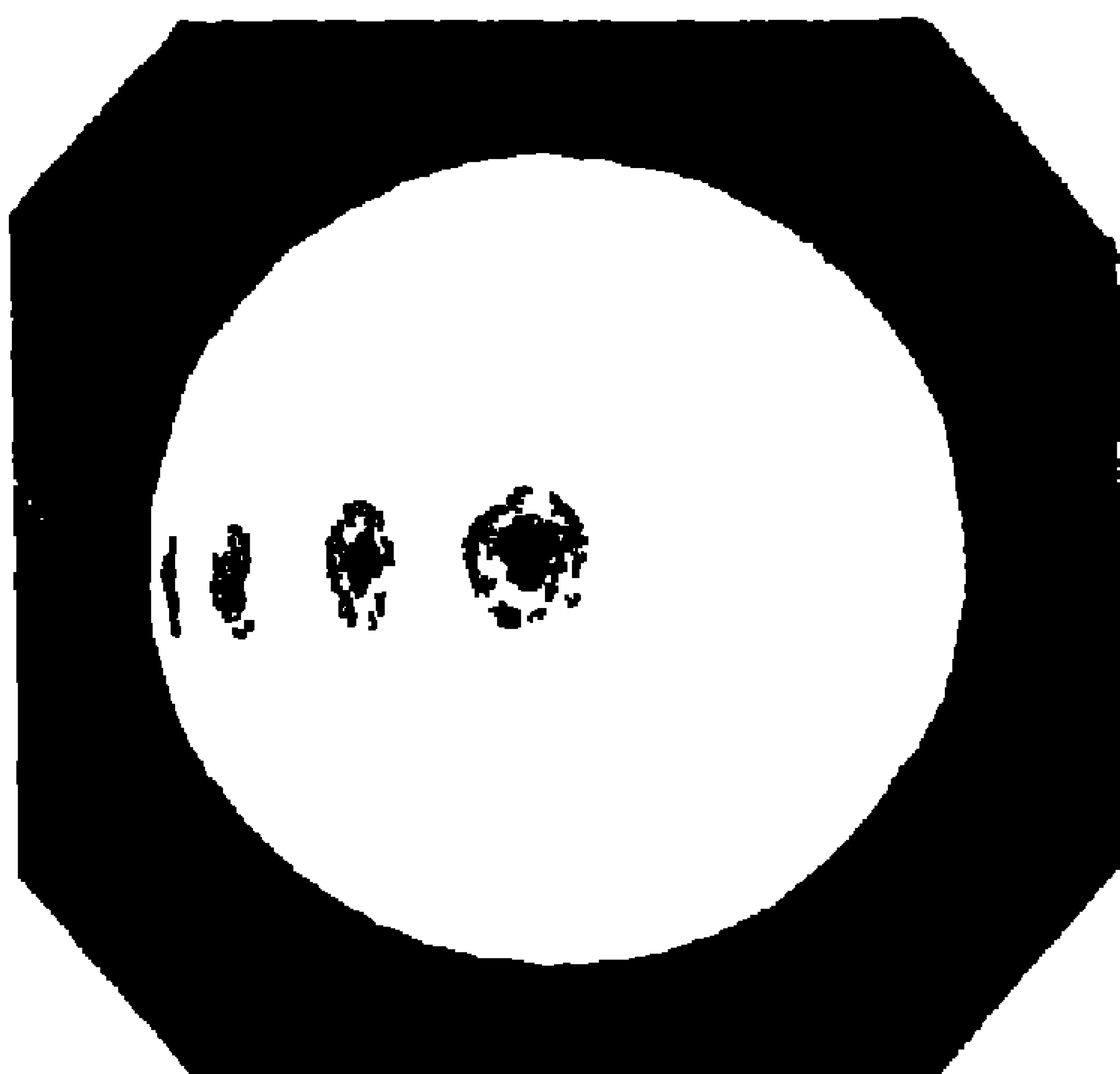




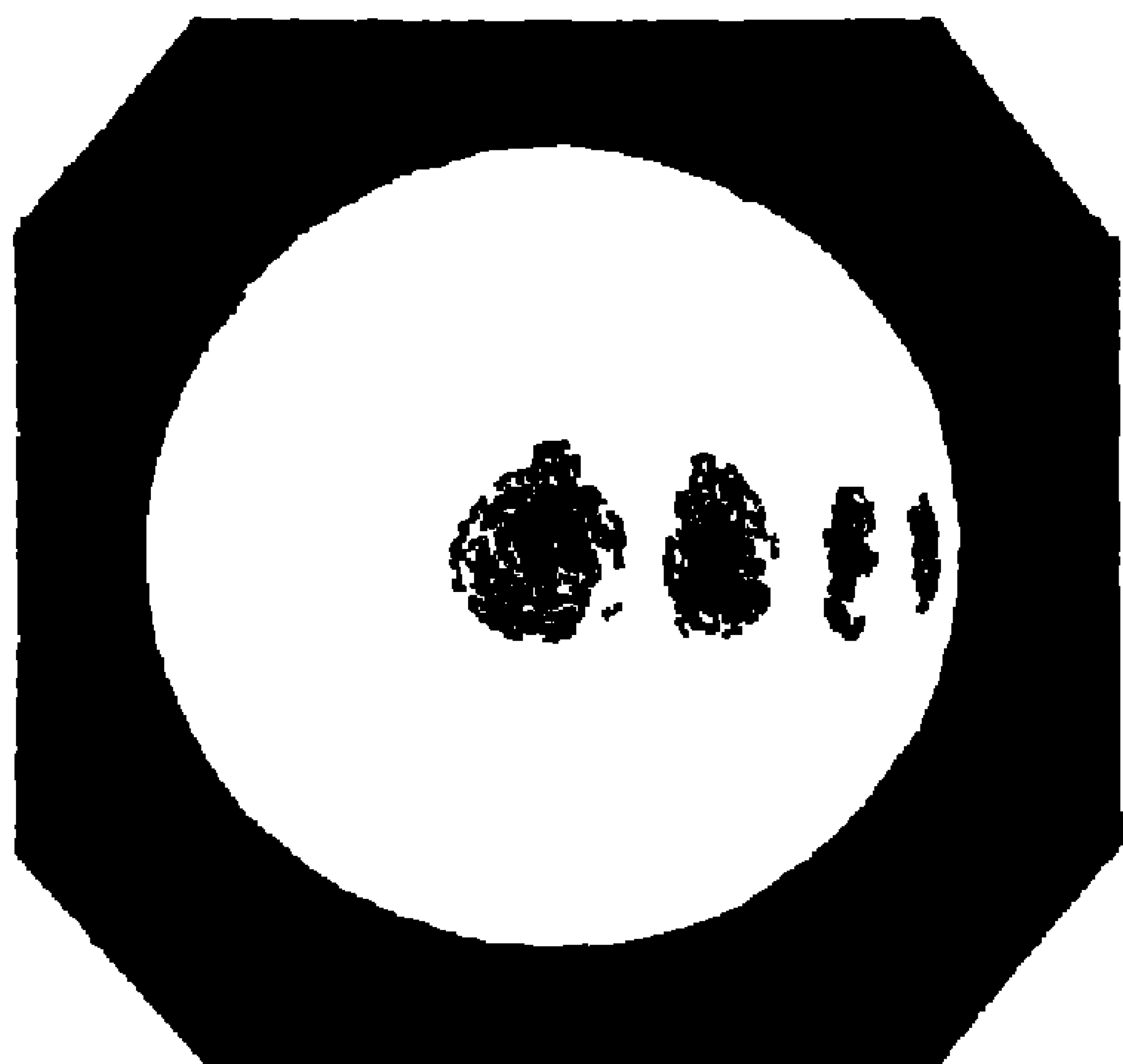
٣



٤

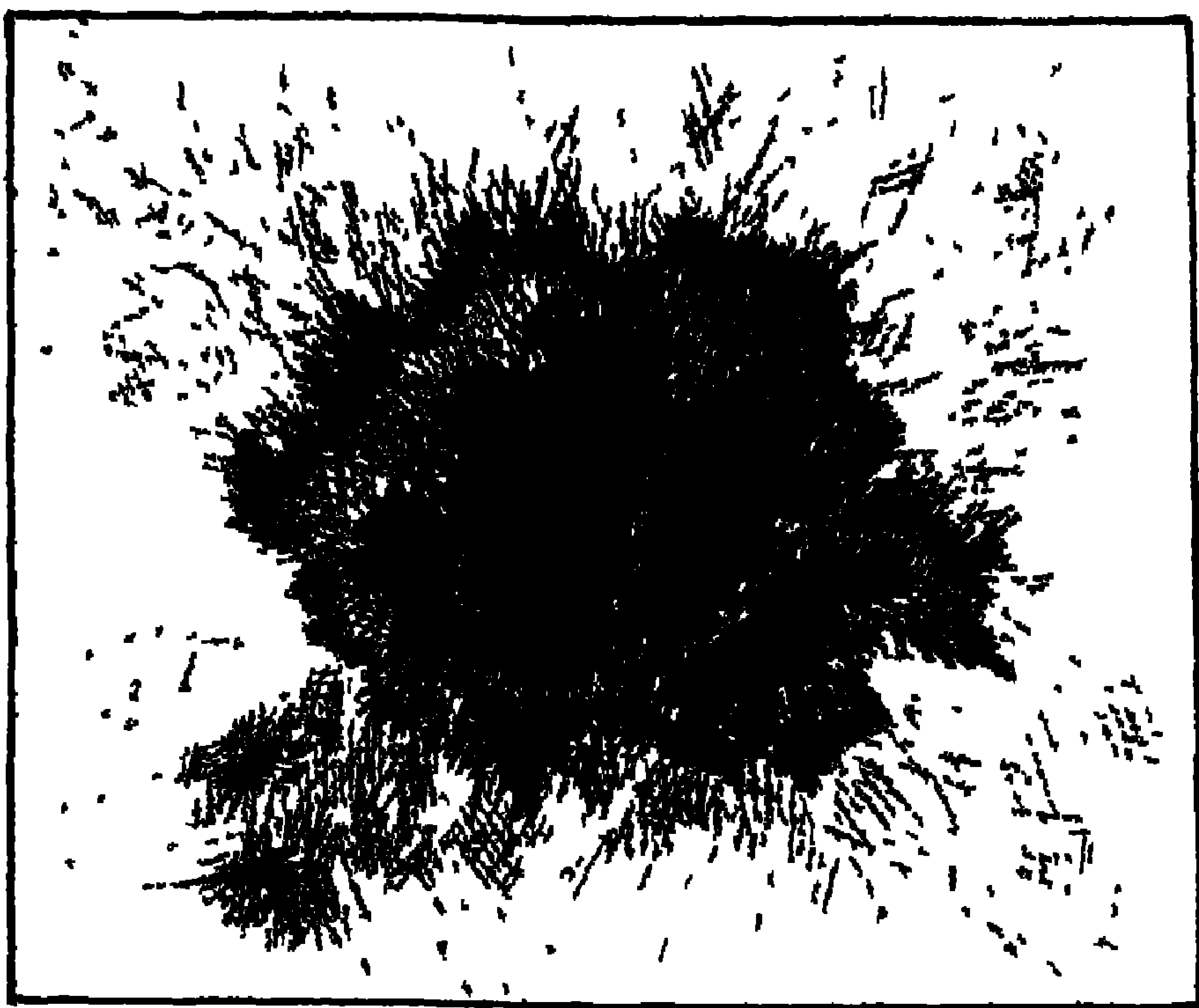


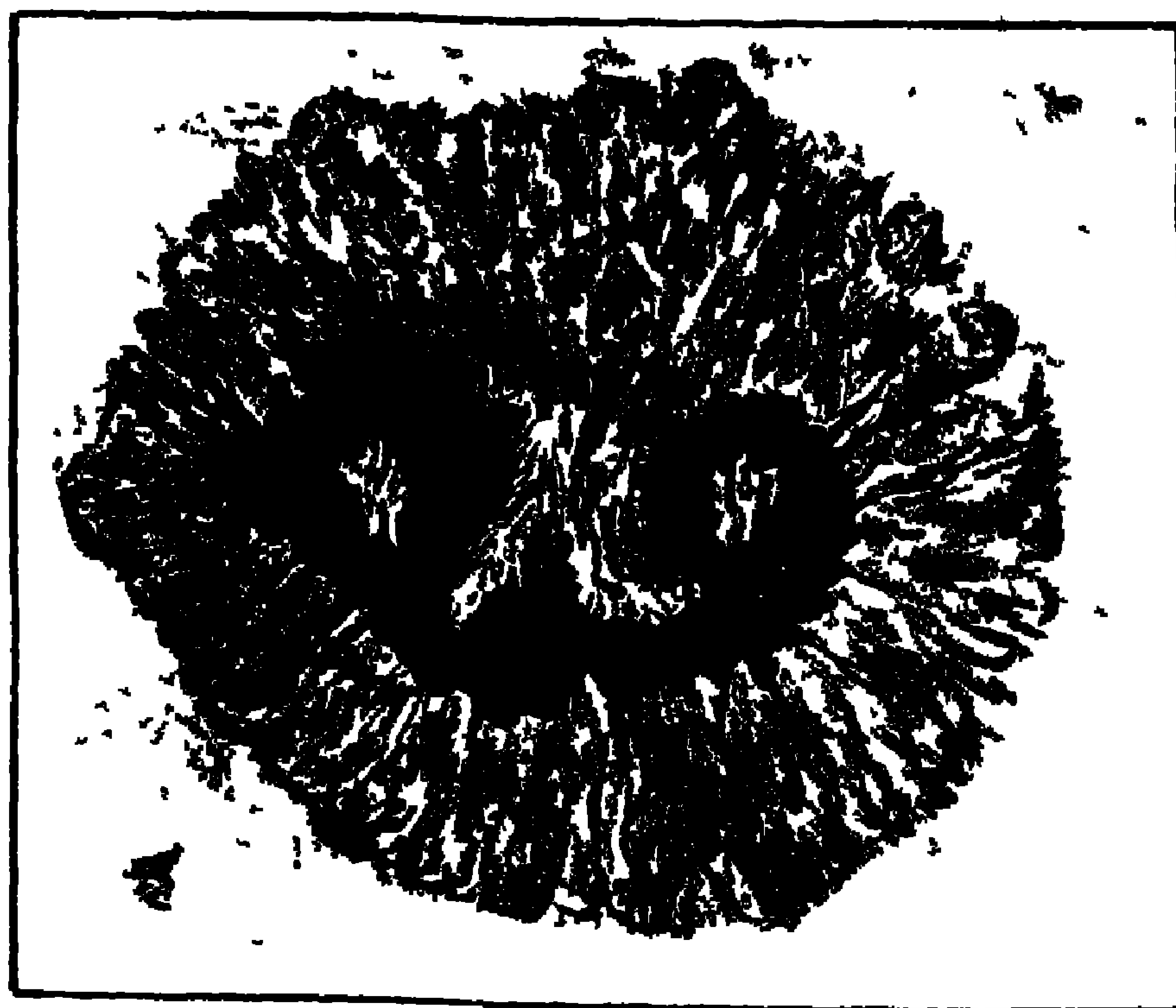
٦



٥

الصورة ١ أ ، ب

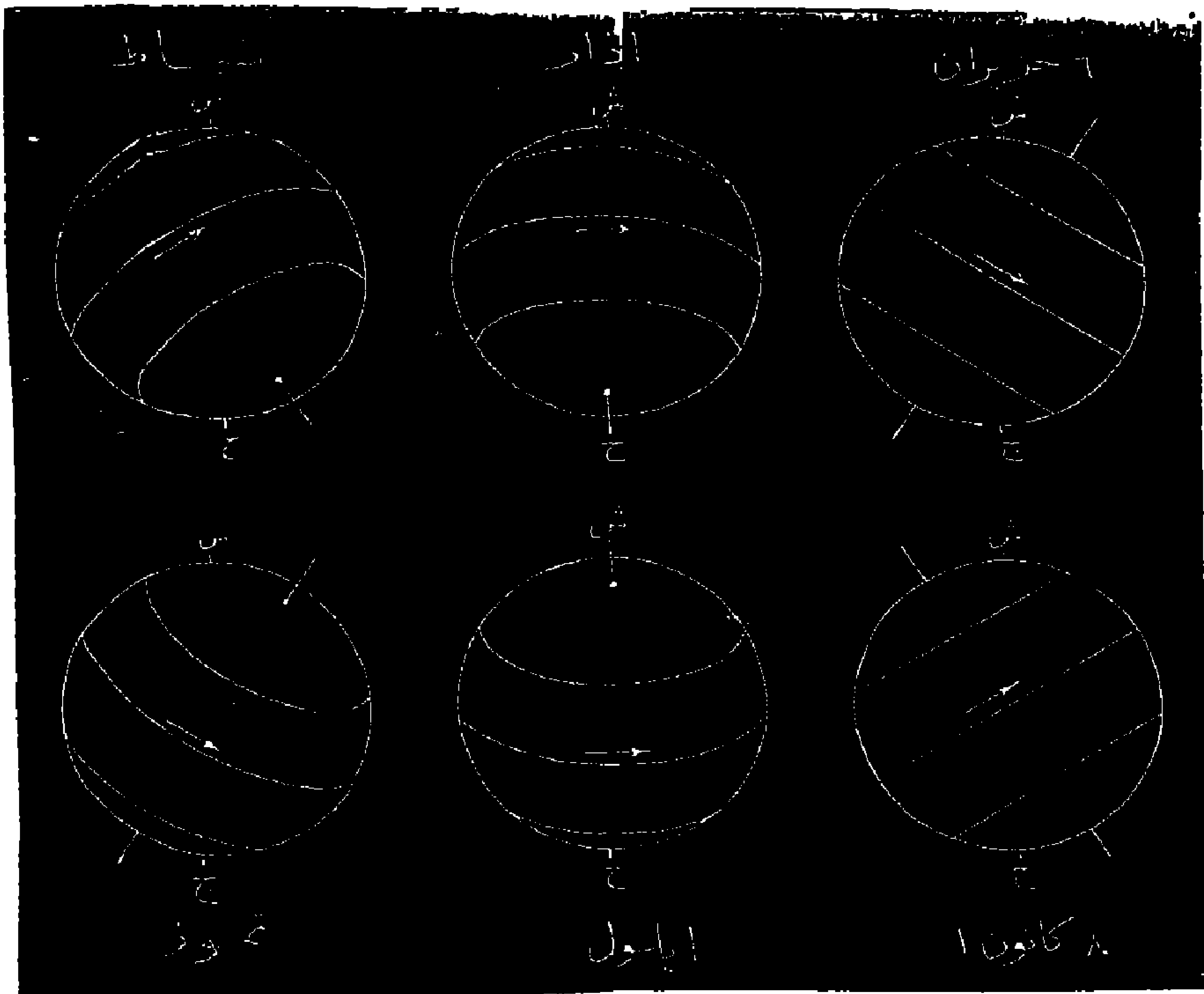




٢

يبتدئ من جهة الغرب غالبًا فتزول الغربية منها اولاً وربما تولدت كلف جديدة نحو الشرق .
ذكر هرشل الاوّل ملاشاة مجموع كلف بينما حوّل نظرهُ عن النظارة لحظة ورأى بيا لا كلفًا تزول وهو ينظر اليها ورأى كرون كلفا تتكوّن في نحو دقيقة واحدة

(١٣٨) ان ميل محور الشمس على سطح دائرة البروج =٣٨٢° ٤١′ حسب البعض و٨٣° ٩′ حسب البعض وطول العقدة الصاعدة في سنة ١٨٥٠ = ٧٣° ٤٠′ فتوجيه قطب الشمس الشمالي هو نحو π التنين وفي اذار يتوجه الينا قطبها الجنوبي اكثر وفي ايلول قطبها الشمالي والارض في خط العقدتين ٦ حزيران و٨ كانون الاوّل ولهذا السبب تُرَى الكلف تقطع وجه الشمس تارةً على خطوط منحنية واخرى على خطوط مستقيمة كما في شكل ٥٣



شكل ٥٣

(١٣٩) الكلف تظهر اولاً على جانب الشمس الشرقي وتختفي عن جانبها الغربي وبسبب كروية الشمس تبان مطاولة عند اوّل ظهورها صغيرة وكلما قربت الى وسط قرص الشمس تتسع عرضًا كما يتضح من الصورة الاولى (شكل ٥ و٦) وكذا عند زوالها عن جانبها الغربي فتتضح من ذلك كروية الشمس وايضًا كون نواة الكلف هوات عميقة في الكرة النيرة حاصلة من اندفاع مواد تلك الكرة الى كل الجهات برياح تيارة او زوابع دوّارة او تفرقع مواد مشتعلة

(١٤٠) اذا دامت الكلفة الواحدة على هيئةٍ واحدة حتى تُرصَد من جانب الى جانب

يُلاحَظ ان مدّة مرورها على قرص الشمس من ظهورها الى اختفائها هي ١٣ يومًا ومن ظهورها اولاً الى ظهورها ثانيةً على حافة الشمس الشرقية ٢٧¼ يومًا ولو كانت الارض ثابتة لكانت تلك المدة هي مدة دوران الشمس على محورها وبسبب تقدم الارض في فلكها من الغرب الى الشرق اي الى نفس جهة دوران الشمس على محورها يقتضي للكلفة ان تدور اكثر من دورة كاملة من ظهور الى ظهور كما يتضح من شكل ٥٤



شكل ٥٤

لنفرض الارض عند ي (شكل ٥٤) وظهور كلفة عند ا فتمر على ب د ح وعند رجوعها الى ا تكون الارض قد تقدمت الى ف فيقتضي للكلفة ان تصل الى ب قبل ان تُرَى من الارض وبما ان س ي عمودي على ا د و ف س عمودي على ب ح فالقوسان متناسبتان اي نسبة

ي غ ي + ي ف : ي غ ي :: ا د ا + ا ب : ا د ا (٤٣)

اي نسبة سنة واحدة + ٢٧¼ يومًا : سنة واحدة :: ٢٧¼ يومًا : ٢٥ يوم ٨ ساعات وهي مدة دوران الشمس على محورها

حسب رصود لاوجيير	٢٥ي	٨س	١٠د
" " بيانكيني	٢٥	٧	٤٨
" " سبورا	٢٥	٥	٣٧

قيل ان الكلف تتلاشى في القسم من الشمس المتجه نحو الزهرة وعطارد

ادوار معظم الكلف ومصغرها

(١٤١) قد تقرر من رصود كثيرة في مدات طويلة ان للكلف ادوار زيادة ونقصان فمن معظمها الى معظمها ١١ُ١ تقريبًا منها ٣ُ٥٠ تزيد حتى تبلغ معظمها ثم تنقص ٧ُ٥٠ حتى تبلغ مصغرها وبين الراصد بن اختلاف جزئي في مدة هذا الدور

حسب البعض مدة الزيادة	٣ُ٠٦ سنة	مدة النقصان	٦ُ٧٧
" " "	٤ُ١٣	" "	٨ُ٤٤
" " "	٣ُ٣٧	" "	٧ُ٤٣
المعدّل	٣ُ٥٣		٧ُ٥٥

كانت على معظمها سنة	١٨٧٠ ٦٤
اضف مدّة النقصان	٧ ٥٥
تكون على مصغرها	١٨٧٨ ١٩
اضف مدة الزيادة	٢ ٥٢
تكون على معظمها	١٨٨٠ ٧١

(١٤٢) ولهذه الكلف تعلق بالظواهر الكهربائية الحادثة على الارض والتغيرات والاضطرابات الحاصلة في الابرة المغنطيسيّة لان معظم انحرافها يوافق معظم الكلف ومصغر انحرافها يوافق مصغر الكلف وفي الاقاليم الاستوائية معظم المطر يوافق معظم الكلف والعكس بالعكس

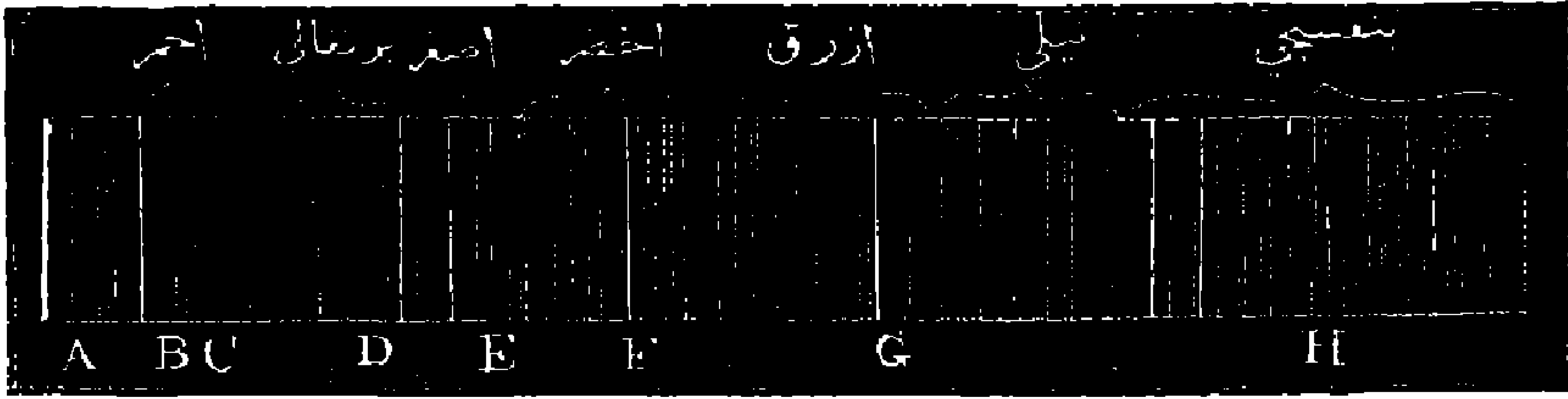
(١٤٣) (٢) المشاعيل . هي قطع بيض طويلة غير منتظمة اشد بياضًا من كل ما حولها ولا تُرَى الاّ بقرب حافة الشمس وغالبًا تظهر في مواضع عنيدة ان تظهر فيها كلف . وعلة عدم ظهورها في اواسط قرص الشمس هي انها ألسنة لُهُب صاعدة الى العلا فلا تُرَى اذا نُظِر اليها عموديًّا بل اذا نُظِر اليها بالورب حتى يقطع النظر رؤُوسها معرضةً كما ان الناظر الى البحر المائج وهو فوقهُ عموديًّا لا يرى ارتفاع الامواج وانخفاضها بل يتراءى لهُ سطح البحر على استواءٍ واحدٍ واما الناظر الواقف على شاطىء البحر يرى علو الامواج ورؤُوسها البيض وقد شوهدت على حافة الشمس تمامًا فكانت مرتفعة عن دائرة قرصها وهذه اللهب تُرَى ايضًا على حافة الشمس عند الكسوف وتُرَى بواسطة حجب قرص الشمس بخاسة مستديرة في النظارة وقد تعلو الى علو عظيم وتارةً ينفصل اللهيب عن الشمس وتارةً ينحرف راسهُ مثل لهيب شمعةٍ اذا هبت عليهِ ريح وظهر من بعض رصود علماء ايطاليانيين منذ عهد قريب انها حادثة من اشتعال كميات جزيلة من المغنيسيوم في تلك الجهات

(١٤٤) (٣) السطح المبقّع . علة هذا التبقيع هو ما تقدم من النظر عموديًّا الى رؤُوس اللهب المذكورة سابقًا واشتباكها بعضها مع بعض حتى تشبه ورق الصنصاف حسبما تقدّم في الكلام عن الكلف

(٤) الكرة الغازية المحيطة . اذا نظرنا الى لهيب قنديلٍ يرى لهُ ثلاثة اقسام القسم الاوسط مظلم حيث لا يصل اوكسجين الى المادة المشتعلة فلا يشتعل . الثاني الاصفر المنير حيث تشعل المواد المحولة الى غاز . الثالث قسم نورهُ ضعيف وهو هيدروجين مشتعل (انظر كتابي في اصول الكيميا صحيفة ١٥٤) وفي هذه الكرة المحيطة تظهر اللهب الحمر المشار اليها والنور المحيط بالشمس المسمّى الاكليل كما سياتي عند الكلام بالكسوف فلنا في الشمس النواة السوداء والكرة النيرة المساة الفوتوسفير والكرة الغازية المساة الكروموسفير

(١٤٥) القدماء اعتقدوا بصفاء الشمس . كان في انكلستادت راهب يسوعي اسمهُ شينر فاخبر رئيسهُ ذات يوم بانهُ ناظر كلفة على سطح الشمس فاجابهُ الرئيس اني قد قرأتُ مصنفات ارسطاليس من اولها الى آخرها وهو لم يذكر شيئاً مما تقولهُ . اذهب يا ابني وريّح فكرك وتأكد ان ما تحسبهُ كلفاً على الشمس انما هي كلف الزجاجات او كلف في عينيك . فالتزم شينر ان يخفي فكرهُ ولما اشهرهُ اشهرهُ تحت اسم آخر خوفاً من اضطهاد كنيسة رومية المعصومة من الغلط التي اضطهدت الى قرب الموت الفيلسوف غليليو لاعتقادهِ بدوران الارض وثبوت الشمس اي المذهب الكوبرنيكي

(١٤٦) قد ظهر بواسطة السكتروسكوب ان في الشمس مواد كثيرة من المواد الموجودة في ارضنا وهي هناك في حالة الاشتعال والبخار فاذا نُظِر الى الشمس بواسطة سكتروسكوب بسيط تُرَى عدّة خطوط سود تقطع العمود الطيفي معارضة تُعرَف بخطوط فراونهوفر نسبةً الى فراونهوفر من مونخ في باواريا الذي رصد بتدقيق نحو ٦٠٠ خط وعيّن مواقع البعض منها وسمّى اوضحها باسماء الاحرف الابجدية الرومانية كما في شكل ٥٥ فالاحرف A B C الخ دالة على الخطوط و A B C



شكل ٥٥

واقعة في الاحمر و D في الاصفر و E في الاخضر و F و G في الازرق و H في البنفسجي وبمقياس كِركهوف تُعين مواقع هذه الخطوط بالتدقيق ومواقع خطوط أُخَر بالنسبة اليها لانهُ بواسطة سبكتروسكوب ذي عدة مناشير يطوّل العمود الطيفي وتُرَى خطوط أُخَر كثيرة غير المرسومة في شكل ٥٥ لاسيما اذا تركب السكتروسكوب مع النظارة فتُشعَل مواد ارضية مختلفة بحيث يدخل نورها في السكتروسكوب على التعاقب وتقابل الخطوط الحادثة من اشتعالها بالخطوط في العمود الطيفي لتُعرَف موافقتها او عدم موافقتها ومن موافقة الخط D خط الصوديوم المشتعل قد تأكد اشتعال كميات كثيرة من الصوديوم في الشمس امّا اللهب المشار اليها سابقاً فهي في الغالب هيدروجين مشتعل وقد شُوهِدَت نافرة من جوانب الشمس على طول ٩٠٠٠٠ ميل وبعض الخطوط الموجودة في العمود الطيفي لا توافق خطوط مادة معروفة فالظاهر انهُ موجود في الشمس مواد غير موجودة في ارضنا وهذا القول يصلح ايضاً في النجوم الثوابت التي تفحّص كثير منها بالسبكتروسكوب كما سيأتي ذكرهُ . اما المواد الارضية التي تحقّق وجودها في الشمس فهي

هيدروجين باريوم مغنيسيوم الومينيوم تنانيوم حديد
صوديوم كوبلت كلسيوم منغنيس نحاس نكل
كروم زنك

اما اكسجين ونيتروجين وكربون فلم يحقق وجودها في الشمس الى الآن

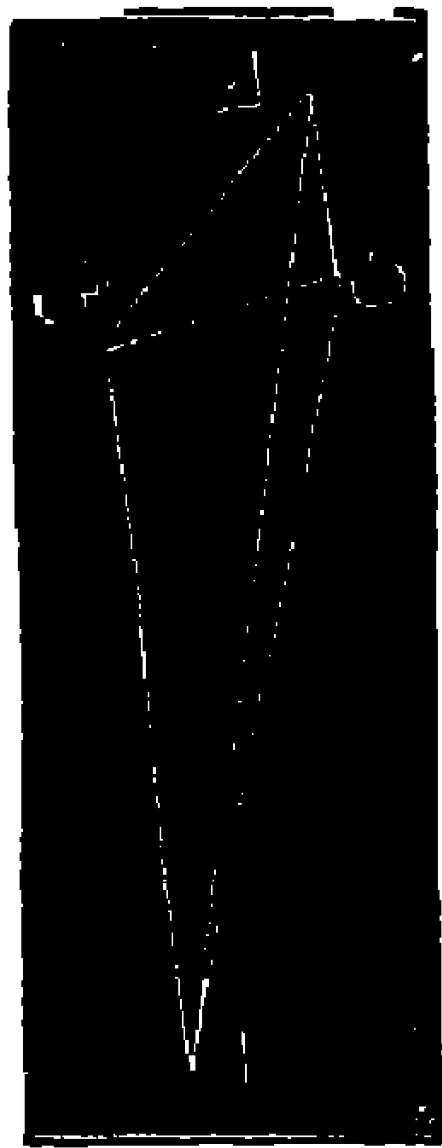
(١٤٧) قد تحقق من مراقبات طويلة ان بين ظهور الكلف في الشمس واختلافات المادة المغنطيسية في الارض والشفق الشمالي تعلقًا قريبًا لانهُ عند ظهور كلفة كبيرة تضطرب الابرة المغنطيسية اضطرابًا زائدًا ولا يبعد عن العقل ان التغيرات الحادثة في ذلك الجرم العظيم النيّر المركزي الماد فعلهُ الى اقصى السيارات تؤثر في الامور الطبيعية الارضية كثيرًا حتى في احوال الاجسام البشرية ايضًا والى ذلك اشار الفيلسوف افلينيوس بقولهِ

Coeli tristitiam discutit sol, et humani nubila animi serenat

اي الشمس تطرد الحزن من وجه السماء وتجلي الغيوم عن الروح الانسانية

استعلام مدة دوران الشمس على محورها

(١٤٨) لاستعلام مدة دوران الشمس على محورها ووضع محورها بالنسبة الى دائرة البروج يقتضي ان يُستعلَم الطول الشمسي والعرض الشمسي للكلفة الواحدة في اوقات مختلفة ولذلك لنفرض (شكل ٥٦) ش الشمس ا الارض ك موقع الكلفة على سطح الشمس ن ملقاها على سطح دائرة البروج وبواسطة الساعة ونظارة العبور قس الصعود المستقيم والميل لكلفة وحوّلها الى مركز الارض بالاصلاح للاختلاف والانكسار الخ ثم افرض



شكل ٥٦

l = طول الارض الشمسي = طول الشمس + ١٨٠°

x = " الكلفة "

y = ك ش ن = عرض الكلفة الشمسي

β = ك ا ن عرض الكلفة الارضي

e = ش ا ن فضلة طول الشمس والكلفة الارضي

Δ = ½ ق الشمس الظاهر

ش ك X جيب y = ك ن = ا ك X جيب β = ش ا X جيب β

لان الفرق بين ش ا و ك ا لا يعتدّ بهِ بالنسبة اليهما

ثم بجيب y = $\frac{\text{ش ا}}{\text{ش ك}}$ X جيب β = $\frac{\text{جيب } \beta}{\text{جيب } \Delta}$ (٤٤)

و ش ك × ن ج y : ا ك × ن ج β :: ش ن : ن ا
:: جيب e : (x − l)

اي جيب (x − l) = جيب e × ن ج β / ن ج y × ا ك / ش ك = جيب e × ن ج β / ج Δ × ن ج y

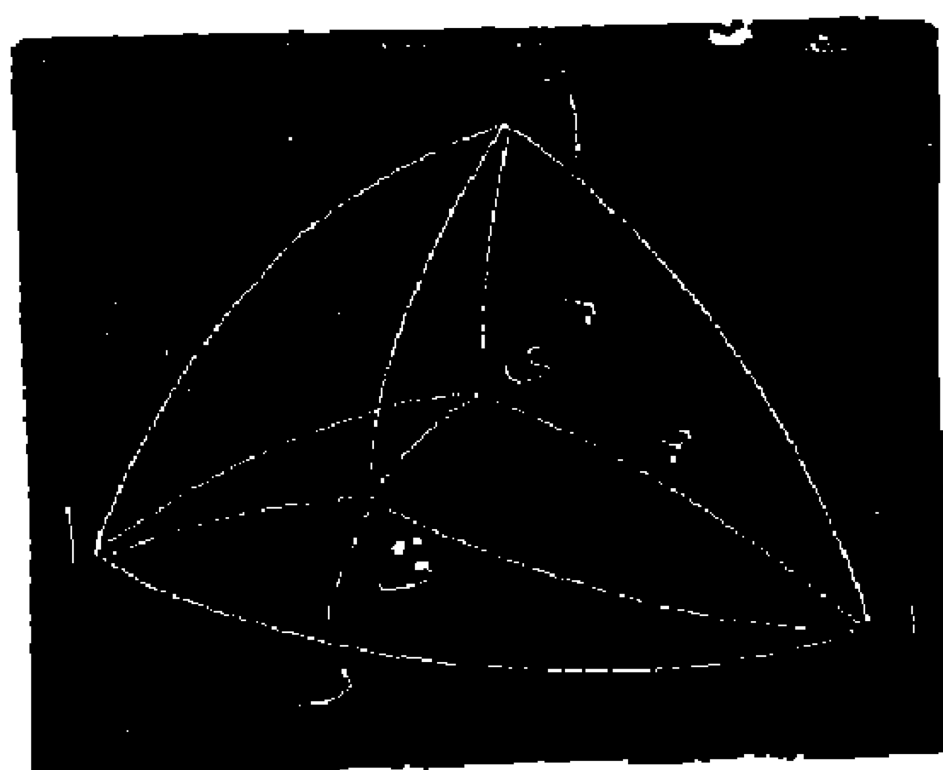
بالتعويض عن ن ج y بقيمتها

$$\text{جيب}\ (x-l) = \frac{\text{جيب}\ e \times \text{ن ج}\ \beta}{\sqrt{\text{ج}^2\Delta - \text{ج}^2\beta}}$$

او للحساب بواسطة الانساب

$$\text{جيب}\ (x-l) = \frac{\text{جيب}\ e \times \text{ن ج}\ \beta}{\sqrt{\text{ج}(\Delta+\beta)\times\text{ج}(\Delta-\beta)}} \qquad (٤٥)$$

(١٤٩) ثم لنفرض (شكل ٥٧) ق قطب خط الاستواء الشمسي ي قطب دائرة البروج



شكل ٥٧

اآآ مواقع الكلفة الواحدة في ثلاثة اوقات منسوبة الى مركز الشمس ولتكن ي ا يآ يآ ق ا ق آ ق آ اقواس دوائر عظيمة فتعرف الثلاث الأول من معادلة (٤٤) لانها متمات عرض الكلفة الشمسي وتُعرَف الزوايا ا ي آ ا ي آ آ ي آ من معادلة (٤٥) لانها فضلات الطول الشمسي في الاوقات المستعلم من الصعود المستقيم والميل المعروفين بالرصد فتُستعلَم الزوايا والاضلاع للمثلثات ا ي آ ا ي آ وآ ي آ لانهُ مفروض في كلٍّ منها ضلعان والزاوية بينهما فتُعرَف الاضلاع اآ آآ آا والزوايا اآآ في المثلث اآآ وقد فُرِض ق = قطب خط الشمس الاستوائي الذي توازيهِ الكلفة في مرورها وق ا = ق آ = ق آ

افرض ٢ ص = ا + آ + آ = ٢ ق ا ر + ٢ ق ا آ + ٢ ق آ آ
= ٢ ق ا ر + ٢ آ

اي ق ا ر = ص − آ فعرفت ق ا ر

وان كان ق ر عموديًا على اآ فحينئذٍ ا ر = ½ اآ

ثم في المثلث القائم الزاوية ا ق ر مفروض الزاوية ا والضلع ا ر فتستعلم ق ا ثم في المثلث ق ا ي مفروض ا ق و ا ي والزاوية ي ا ق = ي ا اَ − ق ا اَ فيستعلَم ق ي

(١٥٠) القوس ق ي هي متم عرض قطب الشمس منسوبًا الى الشمس والزاوية ا ي ق مع طول الكلفة الشمسي عند ا = طول قطب الشمس منسوبًا الى مركزها فيعرف وضع خط الشمس الاستوائي فيُحسَب ميل محور الشمس على سطح دائرة البروج

اي ٨٣° ٤١′ حسب دي لامبر

و ٨٣ ٩′ " بيترسن

وطول العقدة الصاعدة لسنة ١٨٥٠ ٧٣° ٤٠

(١٥١) ثم في المثلث ا ق ر نُعرَف الزاوية ا ق ر مضاعفها ا ق اَ فان كانت مدة دوران الشمس الكامل = د والمدة بين رصد الكلفة عند ا و اَ = دَ فلنا

ا ق اَ : دَ :: ٣٦٠° : د = ٢٥′٣٢٥° يومًا

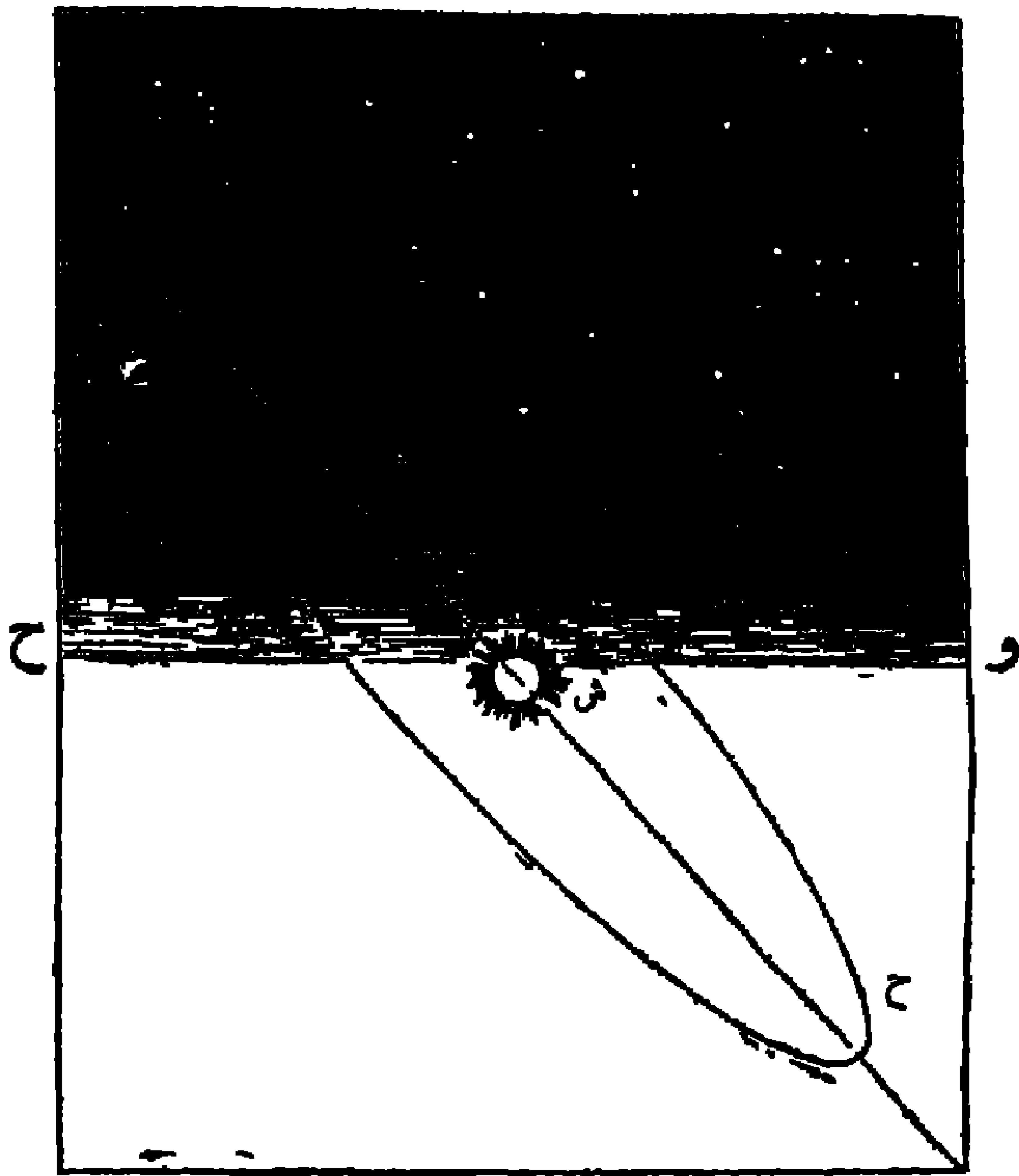
فالقوس التي ترسمها نقطة على خط الشمس الاستوائي $\frac{١}{٢٥}$ مما ترسمها نقطة على خط الارض الاستوائي

في النور البرجي

(١٥٢) بقرب الاعتدال الربيعي متى كان الشفق قصيرًا يُرى بعد الغروب مخروط نور ضعيف قاعدتهُ نحو الشمس وعرضهُ مختلف بين ٨° و ٣٠° وراسهُ ممتد نحو الهاجرة ويختلف ارتفاعهُ بين ٤٠° و ٩٠° وبقرب الاعتدال الخريفي يُرى صباحًا قبل الشروق وفي الجهات الاستوائية هذا النور اوضح واقوى ويُرى اكثر ليالي السنة اذا كان الجو صافيًا والقمر غائبًا في اول الليل او آخره وقد سُمي النور البرجي لانهُ لا يُرى خارجًا عن منطقة البروج ويُرى باكثر وضوح متى كانت دائرة البروج اقرب الى العمودية على الافق وذلك في شباط مساء وتشرين الاوَّل صباحًا وقد شُوهِد راسهُ على بعد ١٠٥° من الشمس ولونهُ نحو قاعدتهِ محمرٌّ

(١٥٣) قد عللوا عن هذا المنظر بانهُ حادث من سديم شمسنا في وسطهِ ولنا امثلة سدام طويلة تُرى بالنظارة فيها نجوم مثل بعض السدام في صورة الاسد ص م ١٦٨° ٣٣″ ميل شمالي ١٣° ٥٥′ وص م ١٦٧° ٣٠′ ميل شمالي ١٤° ١′ فعلى افتراض ش الشمس (شكل ٥٨) وح و الافق يُرى بعد الغياب او قبل الشروق المخروط خ وهذا وجه من وجوه التعليل عن هذه الرؤية

المجهولة علتها ومهما كانت مادتها وسببها فقد تبرهن بالرصد ان هذا النور تارةً يمتد عن الشمس الى



شكل ٥٨

بعد ابعد من فلك الارض واخرى يقتصر دون ذلك

الفصل الثاني

في حركة الشمس السنوية الظاهرة والفصول وهيئة فلك الارض

(١٥٤) ان حركة الشمس الظاهرة حول الارض مرة واحدة في كل سنة حاصلة من حركة الارض الحقيقية حول الشمس في تلك المدة ومع اننا لا نشعر بحركة الارض نعلم بها من حركة الشمس الظاهرة فمتى كانت الارض في برج الميزان مثلاً (شكل ٥٩) تبان الشمس في الحمل ومتى تحركت الارض من الميزان الى العقرب نراها الشمس كانها تتحرك من الحمل الى الثور ومتى كانت الارض في الميزان نرى الميزان طالعًا عند الغياب والحمل آفلاً ومتى وصلت الارض الى الحمل نرى الحمل طالعًا عند الغياب والميزان آفلاً وهذا يرينا علة ظهور النجوم احيانًا في الشرق واخرى على خط

نصف النهار واخرى في الغرب عند غروب الشمس فيتراايا كانَّ للنجوم حركة من الشرق الى الغرب وهي حاصلة من حركة الارض من الغرب الى الشرق في دورانها حول الشمس

(١٥٥) ان قولنا بحركة الارض الحقيقية من الغرب الى الشرق يراد به ان الشمس تنقل بالظاهر من برج الى الذي يليهِ شرقًا مع كون حركة الارض الى جهات متقابلة في اجزاء متقابلة من فلكها فالشمس تحرّك بالظاهر نحو الشرق من برج الى آخر ابدًا

(١٥٦) ان هيئة فلك الارض ووضعهُ يُعرَفان برصد ميل الشمس وصعودها المستقيم من يوم الى يوم فان قيس ارتفاعها يومًا وهي على خط نصف النهار وأُصلح للاختلاف والانكسار ونصف القطر يُعرَف بعدها عن سمت الراس ثم يُطرَح العرض من هذا البعد او يضاف اليهِ فيُعرَف ميل الشمس وان فُعِل ذلك كل يوم لسنةٍ كاملة تُعرَف حركة الشمس شمالاً وجنوبًا بالنسبة الى خط الاستواء

(١٥٧) ثم ان ضُبِطَت ساعة للوقت النجمي ورصدنا وصول الشمس الى خط نصف النهار بنظارة العبور تدل الساعة على صعودها المستقيم وان فُعِل ذلك لسنة كاملة يُعرَف بعدها عن الاعتدال الربيعي لكل يوم فلنا من الامرين معيَّنات ومنضمات منها نستعلم موقع الشمس لكل يوم بالنسبة الى خط الاستواء وينتج من ذلك رسم دائرة البروج لان الميل الاعظم في ٢٢ كانون الاوّل = ٢٣° ٢٧′ جنوبًا ثم ينقص شيئًا فشيئًا الى ان يتلاشى في ٢١ اذار ثم يزداد شمالاً الى ٢٢ حزيران ويبلغ الى ما بلغ اليهِ جنوبًا ثم ينقص شيئًا فشيئًا ويتلاشى في ٢٢ ايلول وان أُوصِل بين هذه النقط بدائرة تُرسَم دائرة البروج ومن النظر الى جداول الميل نراهُ يختلف قليلاً جدًّا من يوم الى يوم متى كانت الشمس في اعظم ميلها لان دائرة البروج حينئذٍ توازي خط الاستواء ويختلف كثيرًا من يوم الى يوم متى كانت الشمس بقرب احد الاعتدالين لان ذلك القسم من دائرة البروج مائل كثيرًا على خط الاستواء ونرى ايضًا من الرصد ان الصعود المستقيم بين الاعتدالين يختلف ١٨٠° فاذًا بين الاعتدالين ١٨٠° اي دائرة البروج تقطع خط الاستواء في نقطتين متقابلتين بينهما ١٨٠° فيبرهن من ذلك ان دائرة البروج انما هي دائرة عظيمة اذ ليس بممكن لدائرة اخرى غير دائرة عظيمة ان تقطع خط الاستواء على هذه الكيفية

(١٥٨) ميل دائرة البروج على خط الاستواء يعدل معظم ميل الشمس جنوبًا او شمالاً ويستعلم كما تقدم بقياس ارتفاعها واستعلام بعدها عن سمت الراس في يوم وصولها الى احد المدارين فيؤخذ نصف مجتمع ميل الشمس الاعظم شمالاً وجنوبًا وهي على خط نصف النهار وبمقابلة رصود من زمان اراتستينس اليوناني ٢٥٠ ق م وُجِد ان هذا الميل قد قلَّ من ذلك العصر الى الآن وهو الآن يقل

٤٨″ كل مئة سنة اي $\frac{1}{2}$″ كل سنة تقريبًا وبالتدقيق ٠″٤٨″ واذ كان ذلك من قبل جاذبية السيارة فينقص مدةً ثم يعود يزيد وهكذا يزيد وينقص الى الابد

ميل دائرة البروج لسنة ١٨٠٠ هو ٢٣° ٢٧′ ٨″٥٤″ فاذا اردت معرفة الميل لوقت آخر فافرض ت = السنين الماضية منذ سنة ١٨٠٠ و ي = ميل دائرة البروج لسنة ١٨٠٠ فالعبارة الدالة على ميلها لاي وقت فُرِض هي

ي = ٢٣° ٢٧′ ٨″٥٤ − ٠″٤٨٨٥٦٦ × ت − ٠″٠٠٠٠٠٥ ت^{2} (٤٦)

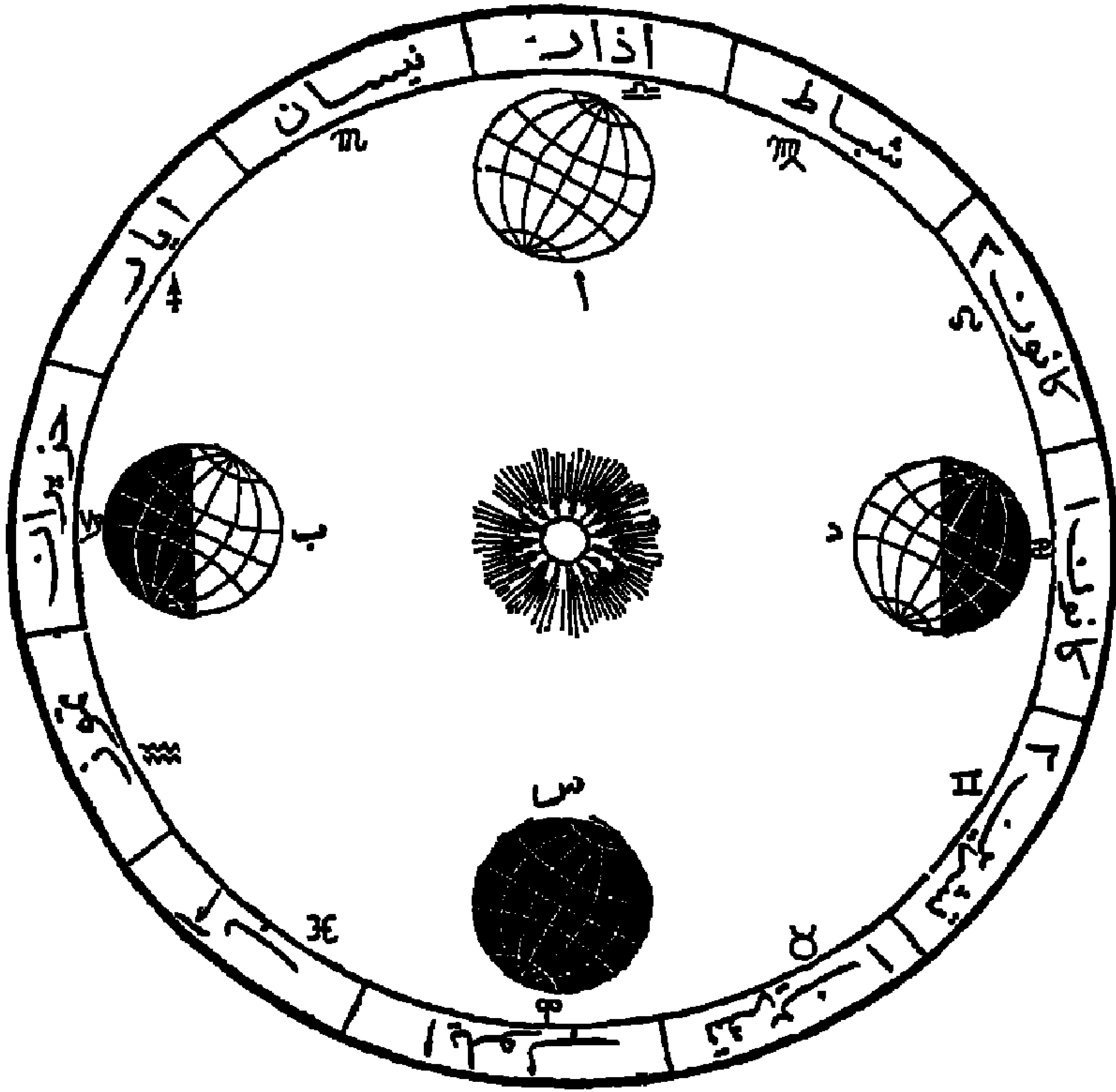
في الفصول

(١٥٩) ان تغيير الفصول له علتان الاولى ميل دائرة البروج على خط الاستواء والثانية موازاة محور الارض لنفسهِ ابدًا فلو كانت دائرة البروج توازي خط الاستواء لبقيت الشمس على خط الاستواء ابدًا وكانت حركتها اليومية في دائرة متسامتة للسكان على خط الاستواء وفي الافق لناظر عند احد القطبين . فلكون محور الارض منحرفًا عن العمودية على دائرة البروج ٢٣° ٢٧′ انحرف خط الاستواء بهذا المقدار نفسهِ عن موازاة دائرة البروج ولكونهما دائرتين عظيمتين تقطع احداهما الاخرى في نقطتين متقابلتين فتكون الشمس على خط الاستواء مرتين كل سنة وتبعد عنهُ شمالاً وجنوبًا ٢٣° ٢٧′ حسبما تقدم

(١٦٠) لو كان جرم الشمس يعدل جرم الارض لانارت نصف الارض تمامًا ولكونها اكبر من الارض تنير اكثر من نصفها قليلاً ويزاد مقدار الجزء المنوَّر قليلاً بواسطة الانكسار كما علمت ويكفينا الآن ان نحسب نصفها منوَّرًا بالشمس ابدًا فمتى كانت الارض في احد الاعتدالين تكون الشمس على خط الاستواء كما تقدم ويكون النصف منوَّرًا من قطب الى قطب ومتى وصلت الارض الى المدار الشمالي يمتد القسم المنوَّر ٢٣° ٢٧′ ابعد من القطب الشمالي ويقتصر ٢٣° ٢٧′ عن الجنوبي وبالعكس متى كانت الارض في المدار الجنوبي ولم يكن كذلك لولا موازاة محور الارض لنفسهِ ابدًا كما يتضح من الشكل (٥٩)

متى كانت الارض عند ا اي في برج الميزان تكون الشمس عند س في برج الحمل اي في الاعتدال الربيعي على خط الاستواء فيكون نصفها منوَّرًا من قطب الى قطب وهكذا متى كانت الارض عند س فتكون الشمس عند ا اي في الاعتدال الخريفي ومتى كانت الارض عند ب اي في المدار الصيفي تكون الشمس في ميلها الاعظم شمالاً فيمتد الجزء المنوَّر ٢٣° ٢٧′ ابعد من القطب الشمالي وينتصر ٢٣° ٢٧′ عن الجنوبي وبالعكس متى كانت الارض عند د ا اي في المدار الشتوي

(١٦١) لو كان محور الارض عمودًا على دائرة البروج لكانت الشمس على خط الاستواء ابدًا كما تقدم ولم يحصل تغيير الفصول اصلاً ولو وازى محور الارض دائرة البروج لكان خط الاستواء عمودًا عليها ولمالت الشمس شمالاً الى القطب الشمالي وجنوبًا الى الجنوبي وكان اختلاف الفصول اعظم كثيرًا مما هو الآن ولم يكن ممكنًا للناس ولا للبهائم ان يحتملوا ذلك لسرعة الانتقال من برد القطب الى حرّ خط الاستواء



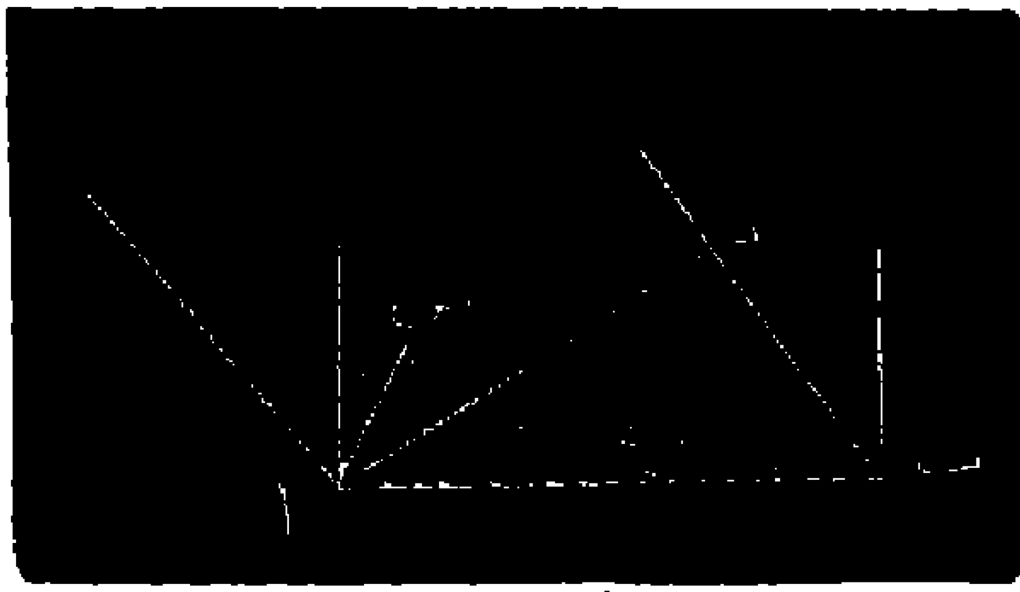
شكل ٥٩

ان الشمس ابعد عن الارض في ايام الصيف مما هي في الشتاء وسبب زيادة الحرّ في الصيف هو اولاً طول النهار بالنسبة الى الليل لان حرارة الارض التي تكتسبها من الشمس تقل بالاشعاع دائمًا ان اشرقت الشمس وان لم تشرق فان زاد الليل طولاً تزيد مدة الاشعاع على مدة الاكتساب والقلب بالقلب

ثانيًا من انحراف الشعاع الواقعة حتى يتفرّق عمود نور مفروض على مساحة اوسع في الشتاء من المساحة التي يتفرّق عليها في الصيف

لتكن ا ب (شكل ٦٠) مساحةً مفروضة فان وقعت عليها الشعاع على زاوية ا ب س يكون قطر العمود الحقيقي ا س وان وقعت على زاوية ا ب د يكون قطر العمود ا د وان وقعت عمودية يكون قطر العمود ا ب . اما ا س ا د ا ب فهي كجيوب الميل وفي الصيف تقرب الشعاع الى

الخط العمودي وفي الشتاء نميل عنهُ فيتفرّق العمود الواحد على مساحة اوسع


شكل ٦٠

اذا زاد ما تكسبهُ الارض من الحرارة على ما تخسرهُ بالاشعاع يزيد الحر من يوم الى يوم ولذلك ترى اشد الحر بعدما ياخذ النهار يقصر وبالقلب في الشتاء يشتد البرد بعدما ياخذ النهار يطول واشد الحر كل يوم هو بعد الظهر بنحو ساعتين او ثلاث ساعات واشد البرد بعد نصف الليل بنحو ساعتين او ثلاث ساعات

مسئلة (١) مكان في عرض شمالي ٧٥° وآخر في عرض شمالي ٣٠° وميل الشمس ١٩° شمالي . فما هي نسبة حرارة المكان الواحد الى حرارة الآخر

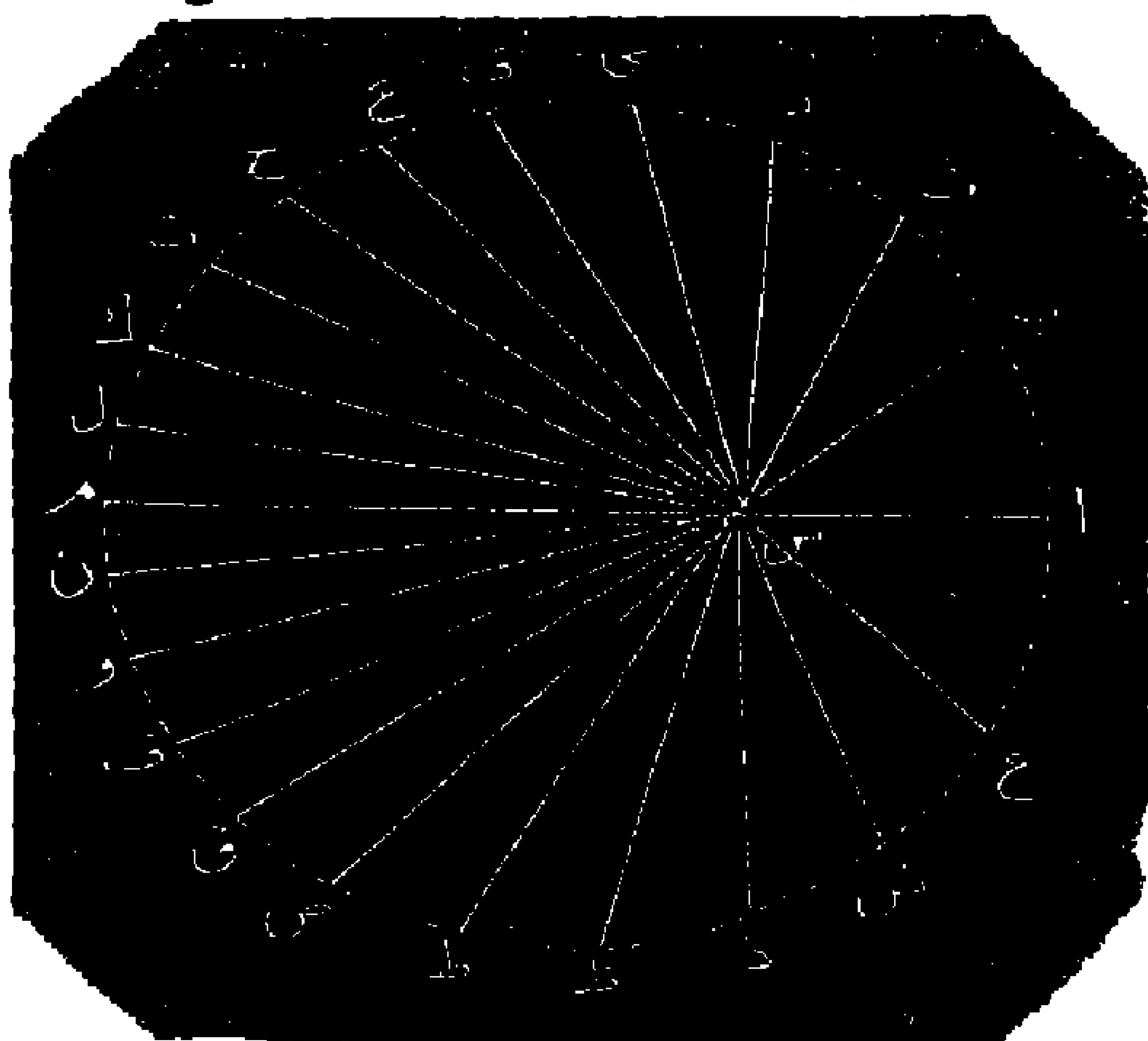
الجواب ١٠٠ : ١٤٠·١٧٥

مسئلة (٢) مكان في ٥٠° عرض شمالي وآخر في ٤٥° جنوبي وميل الشمس ١٥° ٤٥′ جنوبي فما هي نسبة حرارة الواحد الى حرارة الآخر

الجواب ١٠٠ : ٢٨٠·٢١٢

في هيئة فلك الارض

(١٦٣) لو كان فلك الارض اي طريقها حول الشمس دائرةً لكانت الشمس على بعد واحد عنها ابدًا وكان نصف القطر الظاهر على طول واحد ابدًا والحال ان بعد الارض عن الشمس يختلف باختلاف ايام السنة فان قيس قطر الشمس الظاهر كل يوم من ايام السنة نتوصل بذلك الى معرفة هيئة فلك الارض في دورانها واذا رُسِم شكل على هذه الكيفية نجد لهُ خصائص الهليلجي كما يتضح من شكل ٦١


شكل ٦١

ليكن س الشمس وليُقَس قطر الشمس من الارض وهي في ا ب ث د ي الخ ولتجعل الخطوط س ا س ب س ث الخ مناسبة لتلك الاقيسة اي بالقلب كاختلاف القطر ولتجعل الزوايا عند س متناسبة الى سرعة حركة الشمس فان أُوصل بين اطراف هذه الخطوط يكون الشكل الناتج هيئة فلك الارض حول الشمس فنتوصل الى

معرفة هيئتها وان لم نعلم مساحتها وقد سُمّي كل واحد من هذه الخطوط موصلاً وسُمّي ايضاً نصف القطر الحامل لتمييزهِ عن نصف قطر دائرة

(١٦٣) ان هذه الابعاد تُستعلَم بواسطتين الاولى رصد تغيير قطر الشمس الظاهر والثانية رصد اختلاف سرعة حركتها الظاهرة ولا يستعان في ذلك بتغيير الاختلاف الافقي لقلتهِ بل يُعتمَد على التغيير في قطرها الظاهر وحسب قواعد النور قطر شيء الظاهر بالقلب كبعدهِ فيكون قطر الشمس في ايام عديدة دليلاً على نسبة بعدها في تلك الايام

(١٦٤) متى كان قطر الشمس على معظمهِ يعلم انها في بعدها الاقرب ومتى كان على اقلهِ يعلم انها في بعدها الابعد وقطرها الاعظم = ٣٢ʹ ٣٦٫٤″ والاصغر = ٣١ʹ ٣٢″ فنسبة الخط الموصل عند بعدها الابعد : الموصل عند البعد الاقرب : ٣٢٫٥٩٢٣ : ٣١٫٥١٦٧ :: ١٫٠٣٣٨٦ : ١ ونصف فضلتها يعدل بعد محترق الهليلجي عن مركزهِ اي مباينة فلك الارض اي س ا بعد الشمس عن مركز دائرة تحيط بالهليلجي وس ا = $\frac{١}{٦٠}$ من ا ا وهذه المباينة تقل ١٨″ كل مئة سنة ولاتزال تقل ادواراً كثيرة ثم تاخذ بالزيادة ايضاً

(١٦٥) متى كانت الشمس في بعدها الاقرب تمرُّ على قوس ٦١ʹ في ٢٤ ساعة وفي البعد الابعد على قوس ٥٧ʹ في ٢٤ ساعة اي يزداد طولها بهذين المقدارين عند الموقعين كل يوم ولو كانت حركاتها الظاهرة متعلقة ببعدها فقط لكانت تلك الحركات بالقلب كالبعد اي كانت النسبة بين الحركتين نفس النسبة بين نصف القطر في البعدين اي

$$\frac{٦١}{٥٧} = \frac{٣٢٫٥٩٢٣}{٣١٫٥١٦٧} \text{ و } \frac{٦١}{٥٧} = ١٫٠٧ \text{ و } \frac{٣٢٫٥٩٢٣}{٣١٫٥١٦٧} = ١٫٠٣٤$$

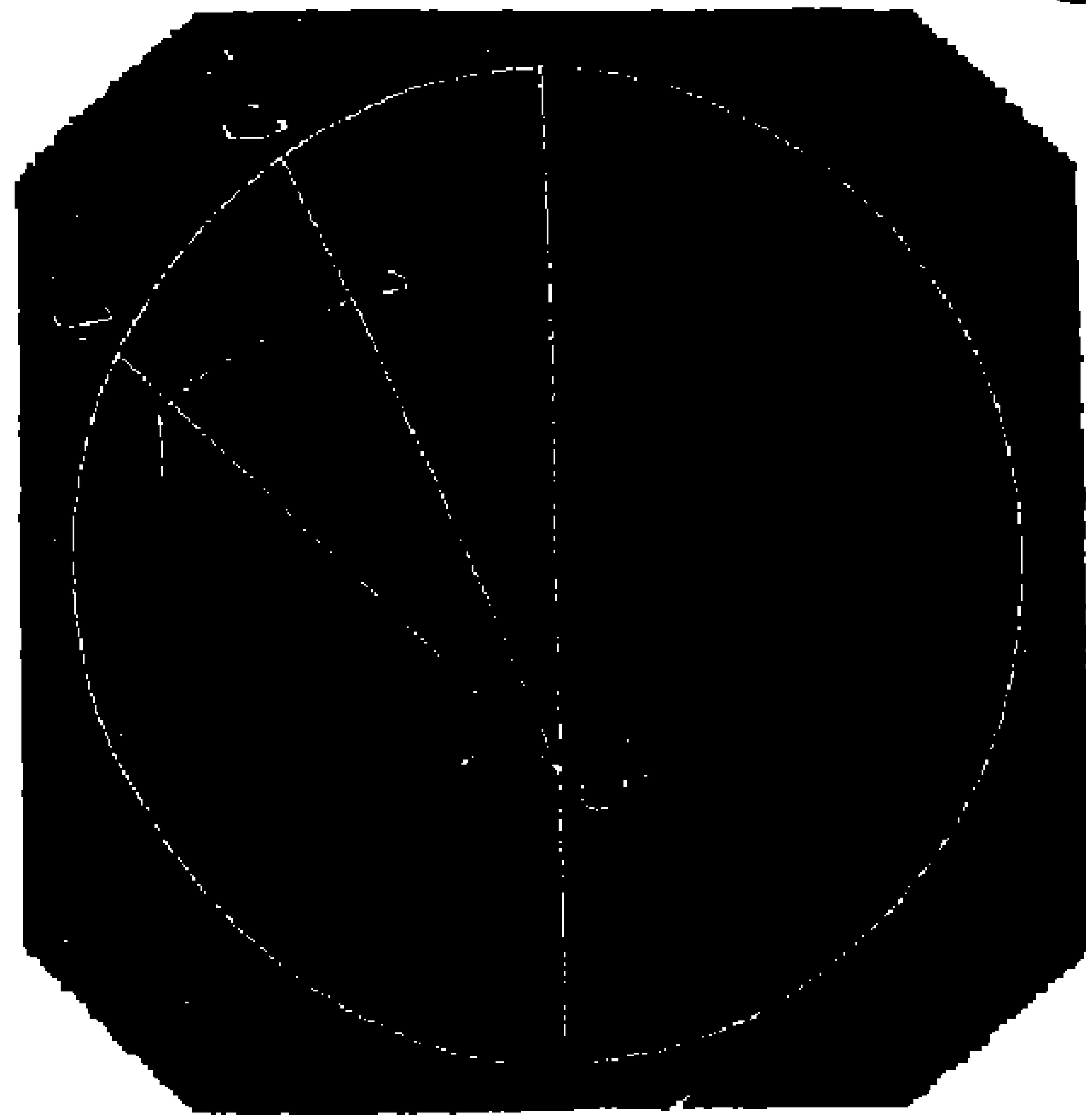
ولكن ١٫٠٧ = ١٫٠٣٤ ٢ فاذًا حركات الشمس في مواقع مختلفة من فلكها هي بالقلب كنسبة مربع البعد عند البعد الاقرب الى مربع البعد عند البعد الابعد اي س ظ٢ : س ض٢ :: الحركة اليومية عند ض : الحركة اليومية عند ظ وهذا يصح في كل جزء من فلكها فان اخذنا بالقياس صعودها المستقيم وميلها يوميًّا ومن ثم استعلمنا طولها نستعلم بعدها عن الارض في اماكن مختلفة من فلكها وكل ذلك مدوَّنٌ في زيجات حركة الشمس

الحرارة التي تكتسبها الارض من الشمس مثل النور تختلف بالقلب كمربع البعد اي الحرارة على البعد الاقرب : الحرارة على البعد الابعد :: ٦١٢ : ٥٧٢ :: ٣١٢ : ٣٠٢ تقريبًا :: ٩٦١ : ٩٠٠ :: ٩٦ : ٩٠ = $\frac{١٦}{١٥}$ اي مقدار حرارة الشمس المتوقف على البعد في اوّل كانون الثاني $\frac{١}{١٥}$ اكثر مما هي في اوّل تموز وبالعكس في نصف الكرة الجنوبي وبسبب مبادرة الاعتدالين وانتقال الخط الموصل بين نقطة الراس والذنب تنقلب هذه النسبة في نحو ١٠٠٠٠ سنة

(١٦٦) الاقواس التي تمر بها الارض في مدة وجيزة كيوم واحد مثلاً هي بالقلب كمربع البعد فيكون البعد بالقلب كجذر تلك الاقواس فتكون نسبة بعد الارض عن الشمس في البعد الاقرب : بعدها في البعد الابعد :: ٥٧ : ٦١ اي :: ١ : ١٫٠٣٤

الشمس اقرب الى الارض في صيف نصف الكرة الجنوبي وذلك سبب زيادة حرّ صيف تلك الجهات عن حرّ صيف نصف الكرة الشمالي فناخذ ليس $\frac{1}{15}$ من فضلة حرارة الصيف والشتاء بل نبتدئ من الدرجة التي كانت الحرارة عليها لو لم تكن للشمس وجود وذلك بالاقل — ٢٣٩° ف والحرارة في الظل في الاقاليم الاستوائية اذا كانت الشمس في سمت الراس = ١٠٠° والفضلة ٣٣٩° و$\frac{1}{15}$ من ٣٣٩ = ٢٣° ف زيادة الحرّ من السبب المشار اليهِ في الاقاليم الجنوبية

(١٦٧) لما كانت سرعة حركة الارض بالقلب كمربع البعد في كل جزء من فلكها فيكون مسطح الزاوية المرسومة بالموصل في وقت مفروض في مربع البعد كمية واحدة ابدًا لانهُ ان فُرِض ت × ب مثلاً وزاد ت كنقصان ب يكون المسطح واحدًا ابدًا فان رُسِم من ش (شكل ٦٣) موصلان الى ت وب طرفي قوس ممرور بها في يوم واحد يكون ش ت² × ت ب كمية واحدة في كل جزء من فلك الارض والقوس ت ب اذا نُظِر اليها من الارض قوس دائرة تامة تُرَى مثل ا د وهي قياس الزاوية عند ش



شكل ٦٣

(١٦٨) الخط الموصل يمر على فسحاتٍ متساوية في اوقات متساوية اما في اوقات غير متساوية فعلى فسحات متناسبة للاوقات . ليكن ت ب القوس المرسوم في يوم واحد فالقطاع ت ش ب = ½ ش ب × ت ب خذ اي نصف قطر شئت مثل ش د وارسم القوس ا د قياسًا للزاوية ش فلنا ش د : ا د :: ش ب : ب ت = ش ب × $\frac{اد}{شد}$ وبالتعويض عن ب ت بهذه القيمة في المعادلة المذكورة تصير ت ش ب = ½ ش ب × ش ب × $\frac{اد}{شد}$ = ½ ش ب² × $\frac{اد}{شد}$ وش د كمية ثابتة وش ب² × ت د ايضًا ثابتة فاذًا الموصل يمر بفسحات متساوية في اوقاتٍ متساوية . وهذه قاعدة من قواعد كبلر وسياتي ذكرها في الفصل الثالث

وقد وُجِد ان فضلة البعد الابعد والاقرب = $\frac{1}{29}$ من البعد الاقرب اي ٣٠٠٠٠٠٠ ميل تقريبًا

(١٦٩) ان تعيين هيئة فلك الارض حسبما تقدم حاصل من مراقبات ورصود دقيقة

غير ان هذه الهيئة تتغير من علل كثيرة لا تفهم بدون معرفة بعض قواعد الجاذبية العامة فلننظر قليلاً الى تلك القواعد

الفصل الثالث

في قواعد كپلر والجاذبية العامة

(١٧٠) في اوائل القرن السابع عشر اخذ كپلر يحسب موقع المريخ على المبدإ الكوبرنيكي اي ان الشمس مركز حركات السيارات وفي اوّل الامر قابل موقعهُ بالرصد بموقعهِ حسب افضل الزيجات الموجودة يومئذٍ فتارةً تطابق الموقعان واخرى اختلفا فظهر فساد الحساب ثم اخذ يحسب موقع السيار على مفروضات مختلفة حتى افنى كل مفروض ممكن على مبدا كون فلك المريخ دائرة وفي مدة ثمان سنين امتحن ١٩ مفروضاً ولم يصح واحد منها فتحقق ان فلك المريخ ليس دائرة

فترك الدائرة واخذ يحسب موقع السيار بناء على كون فلكهِ هليلجيًا والشمس في مركزها فوجد ان الحساب لم يصح فترك هذا الراي ونقل الشمس الى احد محترقي الهليلجي فوجد الحساب والواقع متطابقين تمامًا وصح في سائر السيارات والقمر ايضًا فوضع قاعدتهُ الاولى وهي

(١) فلك كل سيّار هليلجي الشمس في احد محترقيهِ

وفي اجرائهِ هذه الحسابات رسم هليلجيًا عبارة عن فلك المريخ وجعل الشمس في احد المحترقين وعيّن مواقع السيّار في الهليلجي حسبما علمت من الرصد وبذلك كشف قاعدتهُ الثانية

(٢) ان الفسحات التي يمرُّ عليها القطر الحامل تتغيّر بنسبة الى الوقت اي يمرُّ على فسحات متساوية في اوقات متساوية

ولما نظر الى السيارات تدور حول الشمس كل واحد في فلكهِ تحقق عندهُ وجود قانون عام رابط الكل فانتهى الى قاعدتهِ الثالثة

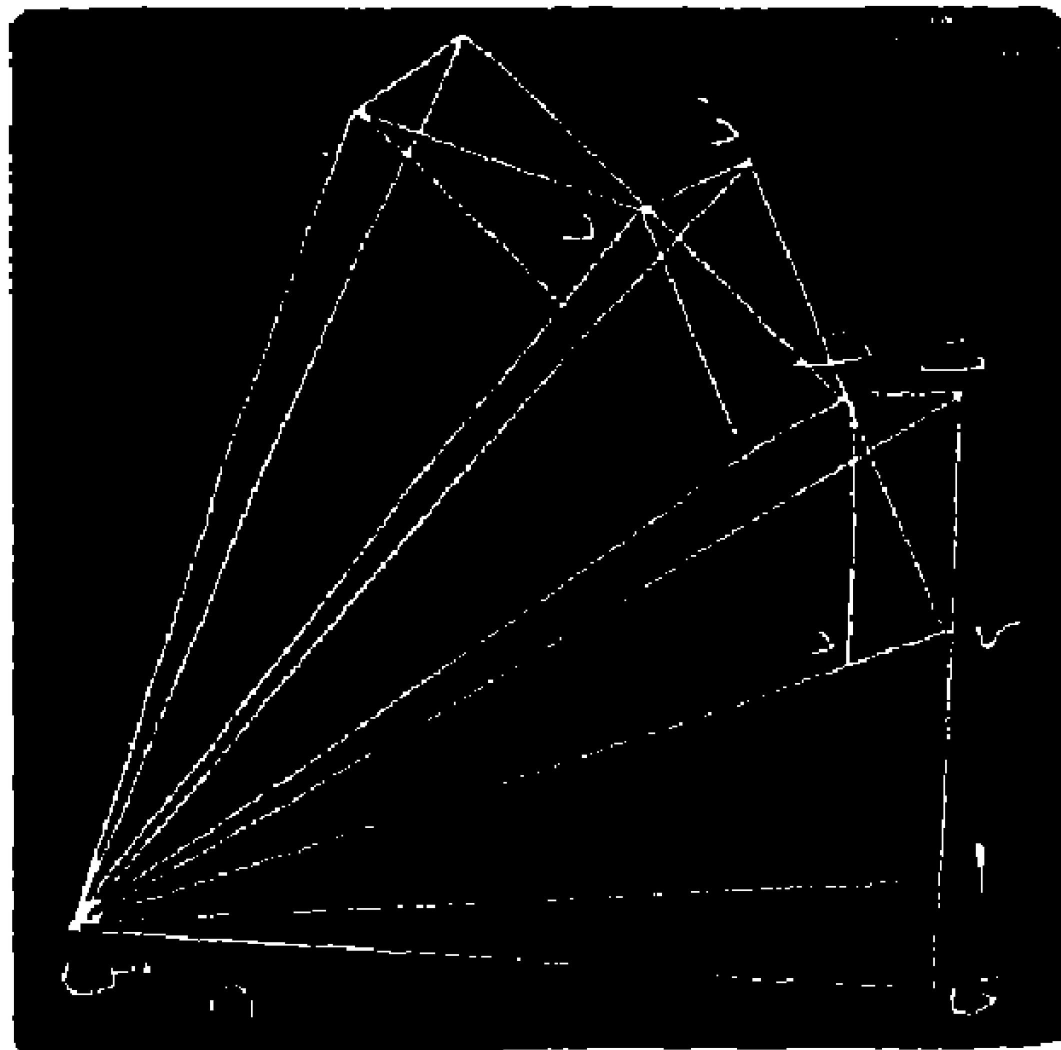
(٣) ان مربّعات مدّات السيّارات تتغيّر ككعاب ابعادها الاواسط

لاجل صحة هذه القاعدة الاخيرة تمامًا ينبغي ان يُقسَم مكعَّب البعد على مجتمع جرم الشمس والسيَّار غير ان جرم اكبر السيَّارات صغير بالنسبة الى جرم الشمس فجرم المشتري $\frac{1}{1048}$ من جرم الشمس كما ستعلم فلا يحصل خطأٌ يُعتَدُّ بهِ اذا غُضَّ النظر عن ذلك وتصحُّ هذه القاعدة في الاقمار ايضًا الَّا اذا كان جرم السيَّار بالنسبة الى جرم الشمس ما يُعتَدُّ بهِ كما اوضح اسحق نيوتون في القضيَّة ٥٩ من مباديهِ وبرهن ايضًا صحَّة هذه القواعد تعاليميًّا في الكتاب المذكور

(١٧١) من كتاب المبادي لاسحق نيوتون الكتاب الاوَّل القضية الاولى والثانية

اذا تحرك جسم بقوَّة محركة وقوة جاذبة الى مركز فالفسحات المرور بها حول المركز تتغير بالنسبة الى مدَّاتها والكل في سطح واحد

لنفرض جرم تحرك في السطح ا س ر (شكل ٦٣) بقوَّة تصلهُ الى ر ثم الى ث في اوقات متساوية. ارسم س ر وس ث فالمثلثان ا س ر ر س ث متساويان ولكون القوة فاعلة في سطح واحدٍ ما في سطح واحد ثم عند وصول الجرم الى ر لتفعل فيهِ القوة الجاذبة نحو س بحيث تصلهُ الى د في المدة التي يصل بها الى ث وارسم ث ث يوازي ر س وارسم د ث يوازي ر ث فيمر الجرم في القطر ر ث ارسم ث س ث س فالمثلثان ت ر س ث ر س متساويان وث ر س = ر ا س فاذًا ت ر س = ر ا س وهكذا يبرهن في ذ ت س د ث س وهذا يصح مهما كانت ا ر صغيرة فيصح اذا كانت القوة الجاذبة الى المركز دائمة الفعل اي في الحركة على خط منحنٍ وبما ان قطر كل مثلث من المثلثات المذكورة هو في نفس سطح اضلاعهِ فالفسحات المرور بها هي في سطح واحدٍ وقد تبرهن انها متساوية وذلك الخ



شكل ٦٣

وبالقلب اذا كانت الفسحات المرسومة حول نقطة مفروضة تتغير بالنسبة الى الاوقات فالقوة المحرّفة الجسم عن الاستقامة تفعل نحو تلك النقطة. لان ا س ر = ر س ث كما تقدم وبالمفروض ا س ر = ر س ت فاذًا ر س ت = ر س ث وت ث موازي ر س و ر ت قطر معيَّن الضلع ر د منهُ تعدل القوة المحرفة الجاذبة نحو س

قد تحقق حسب قاعدة كبلر الثانية ان القطر الحامل لكل سيار يرسم حول الشمس فسحات متساوية في اوقات متساوية (عـ ١٦٨) فبالضرورة القوة الجاذبة السيارات هي نحو الشمس

(١٧٣) فرع اوّل من القضية السابقة . قاعدة السرعة لجرم دائر حول مركز

السرعة في اية نقطة فُرِضت تتغير بالقلب كالعمودي من مركز القوة على المماس لتلك النقطة

ليكن س ي (شكل ٦٣) عمودًا على ا ث بعد اخراجهِ فمساحة س را = $\frac{1}{2}$ را X س ي وهي تتغير حسب تغير ا ر X س ي اي ا ر ∝ $\frac{\text{س ا ر}}{\text{س ي}}$ وا ر ∝ س ا كالسرعة عند ا والمساحة س ا ر ثابتة اي السرعة س ∝ $\frac{1}{\text{س ي}}$ اي السرعة تتغير بالقلب كالعمود من النقطة س على الخط الذي يمر عليهِ الجرم او على مماس منحنيهِ ان دار في منحنٍ

قاعدة الجاذبية في فلك هليلجي باعتبار البُعد . (مختصر من مبادي نيوتون كتاب اوّل قضية ١١ و١٢ و١٣ و١٤)



شكل ٦٤

(١٧٤) ليكن ف موقع الجرم (شكل ٦٤) ص وح المحترقين ا س نصف القطر الاطول ب س نصف منضيهِ ص ي وح ز عمود بن على مماس للنقطة ف ود س موازيًا للماس . افرض ج = جيب الزاوية ص ف ي او ح ف ز وعلى افتراض نصف القطر واحدًا

$$\text{ج} = \frac{\text{ص ي}}{\text{ص ف}} \quad \text{وج} = \frac{\text{ح ز}}{\text{ح ف}} \quad \text{اي ج}^2 = \frac{\text{ص ي X ح ز}}{\text{ص ف X ح ف}}$$

وبحساب قطع المخروط ص ي X ح ز = س ب^2

وص ف X ح ف = س د^2

$$\text{وبالتعويض ج}^2 = \frac{\text{ب س}^2}{\text{س د}^2} \quad \text{و ج}^2 = \frac{\text{ص ي}^2}{\text{ص ف}^2}$$

$$\text{فبالمساواة} \quad \frac{\text{ص ي}^2}{\text{ص ف}^2} = \frac{\text{ب س}^2}{\text{س د}^2} \quad \text{اي ص ي}^2 = \frac{\text{ص ف}^2 \text{ X ب س}^2}{\text{س د}^2}$$

$$\text{وبحساب قطع المخروط وتر الانحناء} = \frac{\text{٢ س د}^2}{\text{ا س}}$$

فالقوة الجاذبة الى ص تتغير حسب $\frac{س د^2}{ص ف^2 \times ب س^2} \times \frac{ا س}{2 س د^2}$ وذلك يتغير حسب $\frac{1}{ص ف^2}$ على افتراض ا س و ب س ثابتين وهكذا ايضاً في الهذلولي

ان كان المنحني شلجمياً ص ي² يتغير حسب ص ف ووتر الانحناء = ٤ ص ف فيتغير حسب ص ف فالقوة الجاذبة الى المحترق تتغير حسب $\frac{1}{ص ف^2}$ اي في كل قطع مخروط القوة الجاذبة الى المحترق تتغير بالقلب كمربع البعد

وبالقلب اذا تغيرت القوة الجاذبة الى المحترق بالقلب كمربع البعد يكون المنحني قطع مخروط

شكل ٦٥

(١٧٤) برهان آخر. ليكن الجرم عند م (شكل ٦٥) وليكن ف م القطر الحامل لتلك النقطة وليكن م و قطر الانحناء عند م واذ ذاك فهو عمودي على الماس ر ل وليكن م ن قوساً صغيراً جداً الى غير نهاية يمر بها الجرم في مدة قصيرة جداً . ارسم ف ر عموداً على الماس م ر و ن ك عموداً على ف م و ن ح عموداً على م و فالمثلثات ر ف م م ح ي ك ن ي متشابهة و م ن يُعتبَر خطاً مستقيماً يُرسَم بفعل القوتين اي الجاذبة الى المحترق م ي والدافعة التي تعدل ي ن وتوازيه وتُحسَب الحركة في م ي متسارعة على التساوي لانهُ في المدة القصيرة المفروضة تحسب القوة الجاذبة ثابتة فيحسب ٢ م ي قياس الجاذبة الى المحترق = ج اي ج ∞ م ي فيقتضي ان يبرهن ان م ي ∞ $\frac{1}{ف م^2}$

بالمثلثات المتشابهة م ي : م ح :: ن ي : ن ك اي م ي = م ح $\frac{ن ي}{ن ك}$ (٤٧)

والوتر م ن هو متناسب متوسط بين سهم الجيب م ح والقطر ٢ م و اي م ح = $\frac{م ن^2}{2 م و}$ ولكون القوس صغيرة الى غير نهاية ن ح = م ن اي م ح = $\frac{ن ح^2}{2 م و}$ وسهم الجيب م ح وايضاً ح ي صغير جداً بالنسبة الى ن ح فيوضع ن ي عوضاً عن ن ح اي

$$م ح = \frac{ن ي^2}{٢ م و} \quad (٤٨)$$

بحساب قطع المخروط $م و = \frac{p}{٢} \left(\frac{ف م}{ف ر}\right)^2$

وبالمثلثات المتشابهة $\frac{ف م}{ف ر} = \frac{ن ي}{ن ك}$

فبالتعويض $م و = \frac{p}{٢} \left(\frac{ن ي}{ن ك}\right)^2$ بالتعويض في (٤٨)

$$م ح = \frac{ن ك^2}{p \times ن ي}$$ وبالتعويض في (٤٧)

$$م ي = \frac{ن ك^2}{p \times ن ي} \times \frac{ن ي}{ن ك} = \frac{١}{p} ن ك^2$$

اما القطاع ف م ن فقياسة $\frac{١}{٢}$ ف م $\times$ ن ك اي

$ن ك = \frac{٢ ف م ن}{ف م}$ و $ن ك^2 = \frac{٤ ف م ن^2}{ف م^2}$ اي

$$م ي = \frac{٤ ف م ن^2}{p \times ف م^2} \quad (٤٩)$$

وبما ان الفسحات التي يمر بها القطر الحامل تتغير بالنسبة الى الاوقات فيكون ف م ن ثابتًا فاذًا

$$م ي (=ج) \propto \frac{١}{ق م^2} \quad (٥٠)$$

اي القوة الجاذبة تتغير بالقلب كمربع البعد

(١٧٥) وهذا القانون يصح في كل قطع مخروط وفي افلاك مختلفة كما تبرهن في مبادي نيوتون كتاب اوّل ق ١٤ فيصح في كل اجرام نظام دائر حول جرم واحد مركزي

لنفرض ا نصف قطر هليلجي الاعظم و ب نصف منضبو فيكون ا معدل البعد اي البعد الاوسط لكل نقطة من المنحني عن المحترق وحسب قطع المخروط مساحة الهليلجي = π ا ب فان

فُرِضَت م = المساحة التي يمر بها القطر الحامل في ثانية واحدة وع = عدد الثواني في دوران كامل فكل الهليلجي = م ع وπ ا ب = م ع

$$ع = \frac{\pi ا ب}{م} \quad ع^2 = \frac{\pi^2 ا^2 ب^2}{م^2}$$ وحسب قاعدة كپلر الثالثة

$$ع^2 \propto ا^3 \text{ اي } \frac{ا^2 ب^2}{م^2} \propto ا^3 \text{ اي } \frac{ب^2}{ا} \propto م^2$$

ونصف البرامتر $\frac{p}{2}$ هو متناسب ثالث للقطرين ا وب

$$\text{فاذًا } \frac{ب^2}{ا} = \frac{p}{2} \text{ اي } \frac{p}{2} \propto م^2$$

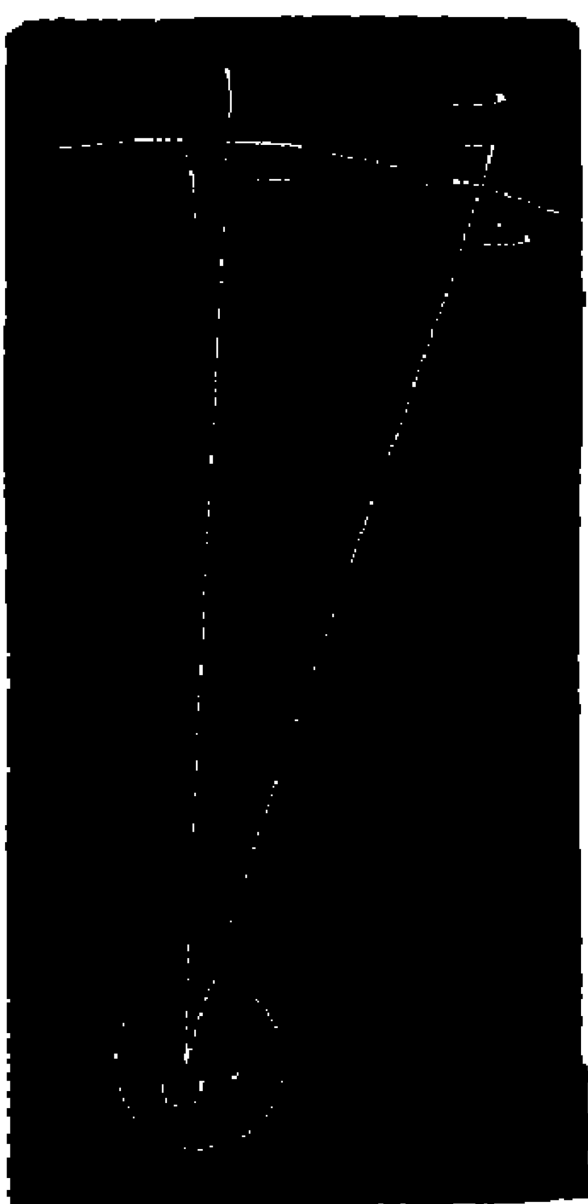
فبالتعويض عن م² بالقيمة $\frac{p}{2}$ (اي ف م ن² في معادلة (٤٩) تصير

$$م ى = \frac{٤ ف م ن^2}{p \times ف م^2} = \frac{2p}{p \times ف م^2} = \frac{2}{ف م^2}$$

$$\text{اي ج} \propto \frac{1}{ف م^2}$$

اي الجاذبة تتغير بالقلب كمربع البعد في افلاك مختلفة كما في اقسام مختلفة من فلك واحد

(١٧٦) وهذه القواعد تصح ايضًا على المسافات القصيرة القريبة كما على الطويلة البعيدة



شكل ٦٦

ليكن ض الارض (شكل ٦٦) وا موقع القمر وليكن اا َ عبارة عن النقطة التي يقع فيها القمر بالجاذبية في ثانية واحدة وا بَ القوس التي يمر بها في ثانية واحدة فلولا قوة محرفة لذهب على استقامة الى ب فيكون ب بَ اوسهم الجيب اا َ (الذي يعادله في قوس صغير جدًّا) المسافة التي يقع فيها في ثانية واحدة فاذا انقسم فلك القمر على عدد الثواني اللازمة لمروره فيه يكون الخارج ا بَ وهذه القوس ووترها يعتبران متساويين

و ٢ اض: ابَ :: ابَ : اا َ = ٠٥٢٥. من القيراط

على سطح الارض يمر جرم في الثانية الاولى من سقوطه على $16\frac{1}{12}$ قدمًا فاذا كانت القاعدة الماضي ذكرها صحيحة اي ان الجاذبة تتغير بالقلب كمربع البعد نستعلم المسافة التي يسقط فيها جرم على بعد القمر بهذه النسبة

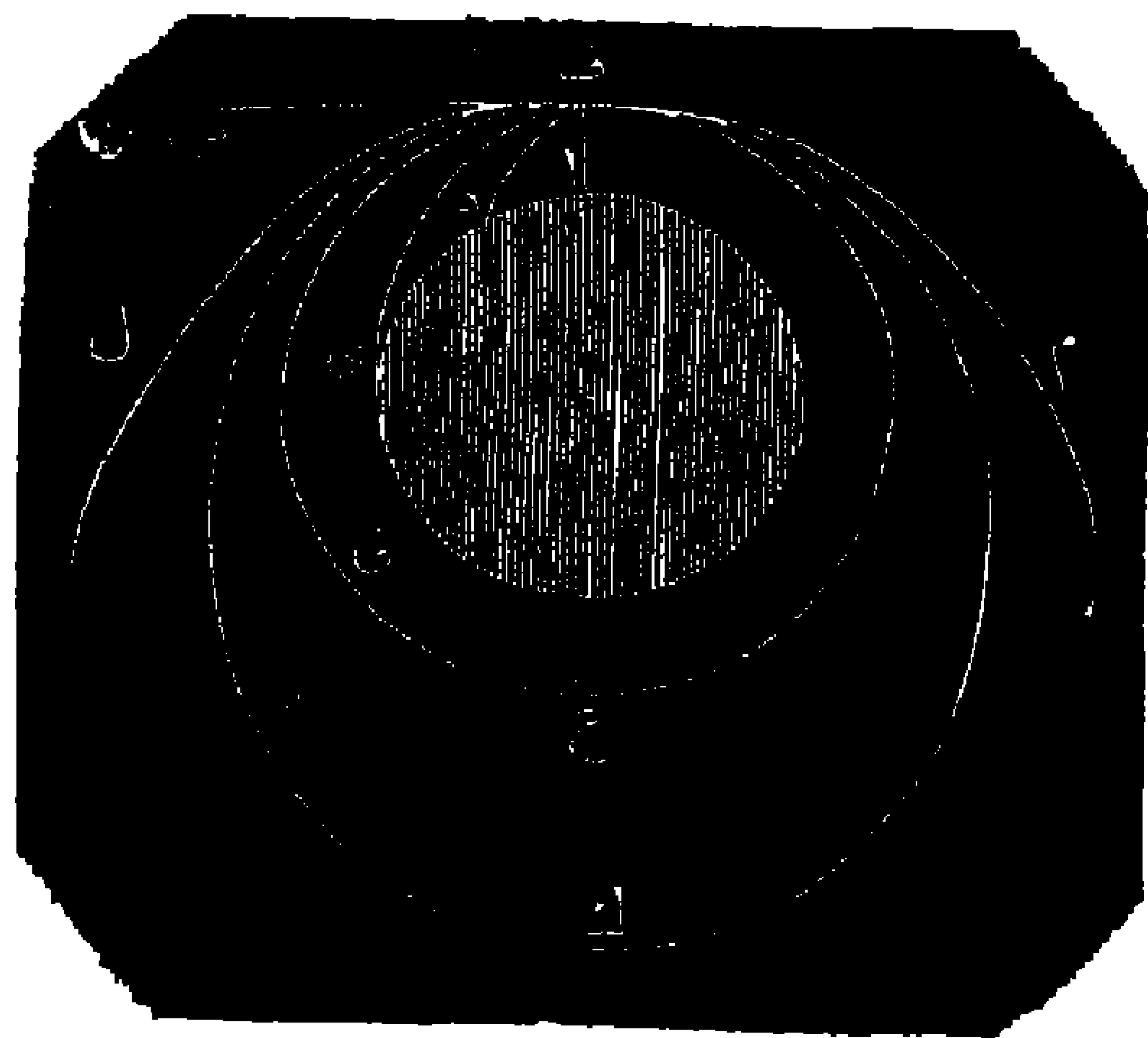
مربع بعد القمر: مربع ½ ق الارض :: ١/١٢ ١٦ قدمًا : ٦٠٥٣٦٠ قيراط وذلك يوافق تقريبًا ما يسقطهُ القمر عن ماس لفلكهِ في ثانية واحدة

(١٧٧) اذا تحرك سيار او مذنّب نحو سيار آخر فحركتهُ تسارع ومسارعتها تزيد بالقلب كمربع البعد واذا ذهب عن سيار آخر فتبطؤ حركتهُ على هذه القاعدة نفسها وقد تبرهن في الفلسفة في باب الميكانيكيات ان الجاذبية تتغير كمقدار الهيولي وهكذا في الاجرام السموية ايضًا اي الجاذبية تتغير بالاستقامة كمقدار الهيولي وبالقلب كمربع البعد

اذا رُمي حجرٌ او أُطلقت كلةٌ من مدفع فطريق المرميّ بدون التفات الى مقاومة الهواء الكروي هو قطعة من فلك هليلجي احد محترقيهِ مركز الارض وقد تبرهن في الفلسفة (ع ٨٧) ان طريق مرمي هو قوس من شلجمي بناءً على كون الخطوط العمودية منهُ على سطح الافق متوازية وقوة الجاذبية ثابتة وكلاهما ليس بصحيح الى التمام. فاذا عُلِم بعد القمر ومدتهُ فالوقت اللازم لمرميّ ان يدور دورانًا كاملاً في منحنيهِ يُعرَف من قاعدة كپلر الثالثة واذ لا سبيل للانسان ان يرمي مرميًّا بقوة تبلغ اسفل فلكهِ الى ابعد من مركز الارض فيُحسَب معدل ذلك نصف نصف قطر الارض وعلى افتراض بعد القمر ٦٠ قطرًا ومدتهُ ½١٧ يومًا تكون النسبة ٦٠^٣ : (½)^٣ :: (½٢٧)^٢ : ك^٢

فنستعلم قيمة ك = نحو ٢١ دقيقة

اي كل مرمي اذا دار في فلكهِ بدون معارضة حسب قواعد الجاذبية الفاعلة خارج الارض يدور دورانًا كاملاً ويعود الى موضعهِ في نحو نصف ساعة



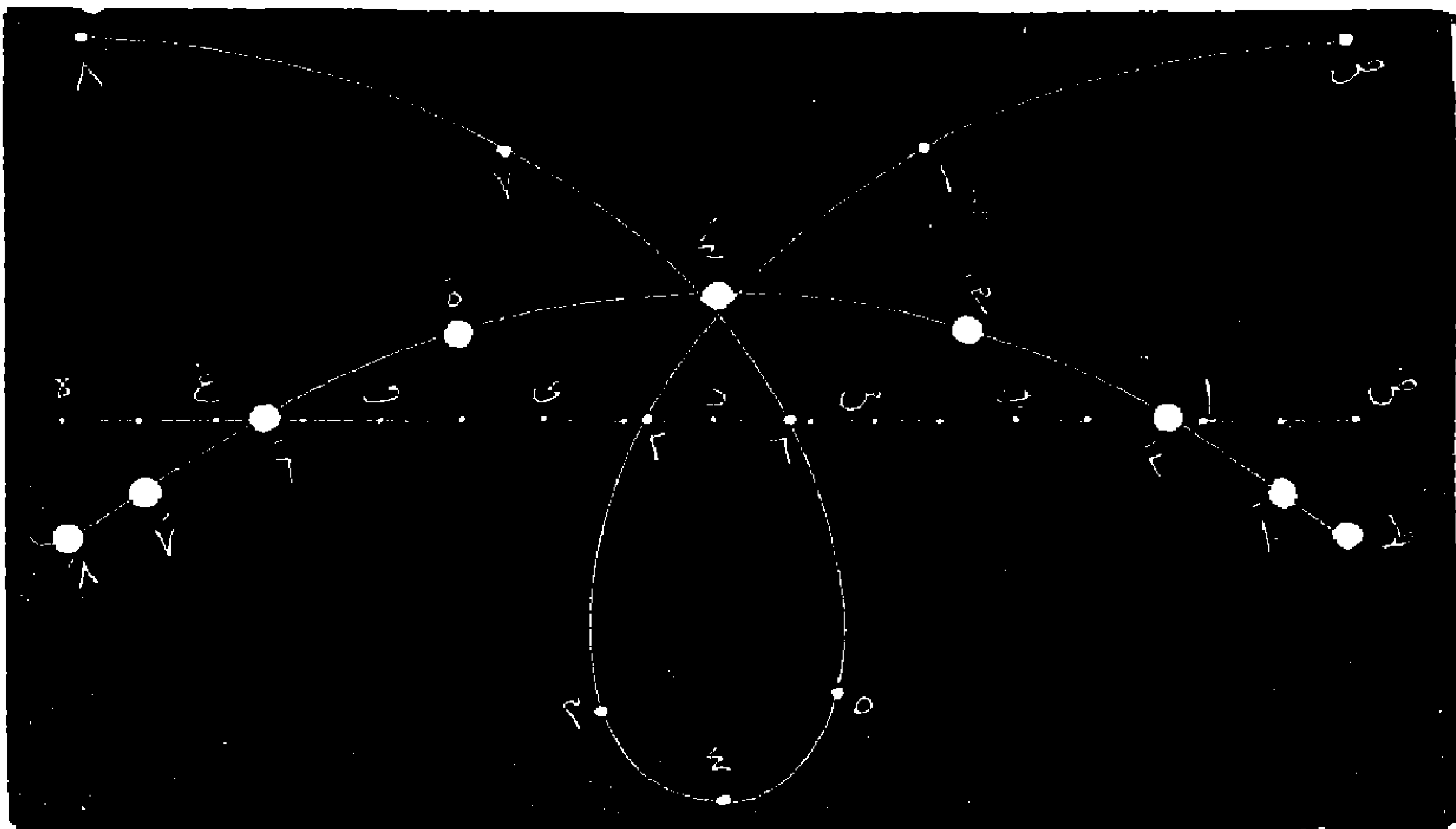
شكل ٦٧

(١٧٨) ولكي نرى فعل زيادة سرعة الرمي في المرميات لنفرض ف (شكل ٦٧) نقطة بقرب الارض ا د ي والقوة الدافعة تدفع الى جهة ف ب حتى يصل المرمي الى د فان زيدت القوة فقد يصل الى ى فكانّ مركز الارض المحترق الابعد لفلكهِ. فان زيدت القوة الدافعة حتى تعدل الجاذبية تمامًا دار المرمي في دائرة تامة ف ق غ ومعدل البعد يعدل حينئذٍ نصف قطر الارض فيستعلم وقت الدوران بقاعدة كپلر الثالثة وهي ١ س ٢٤ د ٢٩ ث واذا زادت القوة ايضًا يتحرّك المرميّ في هليلجي ف ك محترقهُ الاقرب مركز الارض واذا زادت القوة تزيد مباينة الهليلجي فتصير ف رك وبزيادة القوة ايضًا ينتهي الى شلجمي ثم الى هذلولي فلا يعود الى طريقهِ نحو الارض

(١٧٩) اذا افترضنا حركة الارض المرمية اوحركة سيار آخر المرمية حاصلة من دفعة واحدة فربما كانت تلك الدفعة سبب الدوران على المحور ايضاً . فان فعلت القوّة الدافعة على خط مارّ بالمركز نجمت حركة مستقيمة بدون دوران على المحور وان لم يمر ذلك الخط بالمركز حصل دوران على المحور ايضاً وقد حسب البعض ان حركتي الارض ممكن حصولها بقوّة دافعة على خط ٢٤ ميل من مركز الارض على الجانب الابعد من الشمس . ولو فعلت على الجانب الذي يلي الشمس لكان الدوران اليومي عكس ما هو

(١٨٠) في حركات الشمس والسيار من قبل دفع السيار

لنفرض الشمس عند ط (شكل ٦٨) والارض عند ص وكل واحدة منها جاذبة الاخرى ثم اندفعت ص على خط عمودي على ص ط فلا يمكن ان تبقى ط ثابتة وتحرك ص حولها لانهُ كما قد تبرهن في الفلسفة الطبيعية ان مركز ثقلها يتحرك كما كان مجتمع الجسمين قد تحرك لو أُوصِل بين مركزيهما واندفعا اندفاعاً واحداً فلنفرض ان بين وزن الجسمين والقوّة الدافعة نسبة حتى يمر المركز

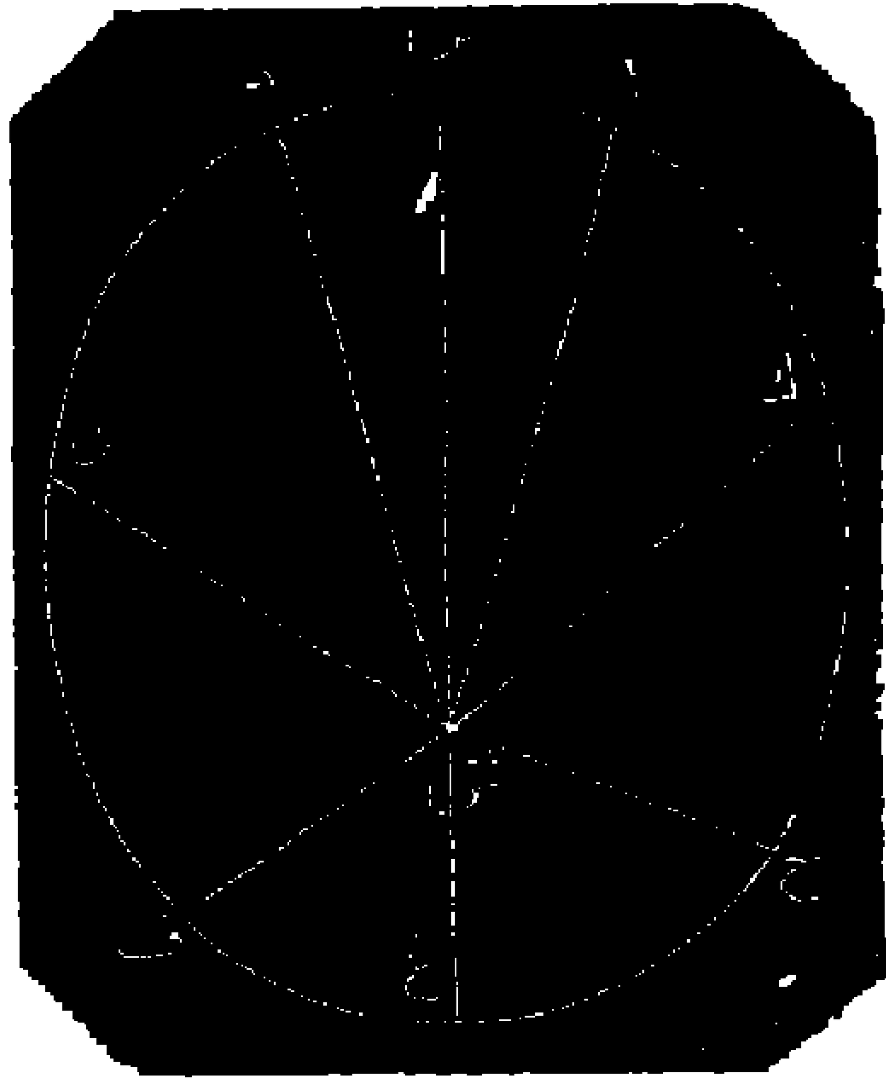


شكل ٦٨

ض على الفسحات ض ا ا ب ب س الخ بينما يمر ص ٤٥° في دائرة حول المركز المتحرك فعند وصول المركز الى ا يكون ص عند ا اي ٤٥° من العمودي عند ا ولابد ان يكون ط في الجهة المتقابلة من ا بالنسبة الى ص وعلى نفس البعد من ا الذي كان عليهِ من ض قبل

فبواسطة دفع ص والجاذبية بين ص و ط قد تحرك ط الى ا ′ ثم متى كان المركز عند ب يكون ص في ٢ و ط عند ٢ ′ وما دام ص فوق الخط ض ه جُذِب ط نحو ذلك الخط ثم يقطعهُ ومن خاصة السكون يبقى سائراً الى الاعلى مع ان ص قد صار تحت الخط وعلى هذا النسق الاجرام

الدائرة حول مركز متحرك ترسم دوائر بالنسبة الى ذلك المركز وترسم حقيقةً منحنيات تختلف كثيراً عن تلك الدوائر وهي ابداً نوع من انواع المنحني المعروف بالابيكيكلويد وفي المفروض السابق يرسم السيار ابيكيكلويد يكوّن عدة انشوطات والطريق يقطع نفسهُ مرة في كل دوران وطريق الجرم الاكبر خط متموج والجرم ص ينقهقر في اسفل الانشوطة من ٣ الى ٤ الى ٥ و ط يتقدم على سرعة غير متساوية لان كلاً منهما تارةً يعوق الآخر واخرى يسرعهُ ولا سبيل لدوران جرمين مستقلين حول مركز ثقل ثابت الّا بدفع كل واحد منهما بقوّة واحدة الى جهتين متقابلتين فقوتان فاعلتان على هذه الكيفية هما زوج فعلها الدوران فقط


شكل٦٩

(١٨١) سبب اياب سيار من نقطة الذنب وذهابه من نقطة الراس كلما بعد السيار من الجسم المركزي ش (شكل ٦٩) من ح الى ك الى ا تقل سرعتهُ حتى تغلب القوّة الجاذبة القوّة الدافعة بما يكفي لاحنائهِ الى س ثم تاخذ بالزيادة وتزيد السرعة ايضاً في المرور من د اي ي الى ف فتمنع السرعة وقوع السيار الى ش والجاذبة كافية لاحنائهِ عن الاستقامة فينتهي الى غ ايضاً فعند س يصير طريقهُ داخل محيط دائرة حول المركز ش فيعود وعند غ يصير طريقهُ خارج دائرة حول المركز ش فياخذ بالذهاب ايضاً

الفصل الرابع

في مبادرة الاعتدالين والكبو وانحراف النور وحركة نقطتَي الراس والذنب وموقع الشمس الحقيقي والاوسط

(١٨٢) اذا تعين طول النجوم وعرضها فبعد مضي سنين يُرَى الطول قد زاد والعرض باقٍ على ما كان وسبب ذلك مبادرة الاعتدالين والكبو اما مبادرة الاعتدالين فيُرَاد بها انتقال نقطتي تقاطع دائرة البروج وخط الاستواء رويداً رويداً من الشرق نحو الغرب

ان عيّنا النقطة التي فيها تقطع الشمس خط الاستواء هذه السنة ووافقت موقع نجمٍ معروف مثلاً فنراها في السنة الآتية تقطعهُ الى غربي ذلك النجم فسُمّيت مبادرة اما لان الشمس تسبق اليها كل

سنة واما لانهُ في مرور الهاجرة اليومي يسبق الاعتدال النجوم التي قطعت الهاجرة معهُ في السنة الماضية. وعلى هذا السبيل في مضي الادوار تقع نقطتا الاعتدالين في كل نقطة من دائرة البروج

(١٨٣) كمية المبادرة السنوية = ٣″ ٥٠″ ولما كان في كل درجة ٣٦٠٠″ لنا ٣٦٠٠ X ٣٦٠ = ١٢٩٦٠٠٠″ في دائرة و ١٢٩٦٠٠٠ ÷ ٣″ ٥٠″ = ٢٥٨١٧ سنة لدوران الاعتدالين دورانًا واحدًا

(١٨٤) من مبادرة الاعتدالين يدور قطب خط الاستواء حول قطب دائرة البروج في ٢٥٨١٧ سنة كما تقدم وكما ان نجم القطب لم يكن نجم القطب في قديم الزمان هكذا لا يكون كذلك في المستقبل ونرى من الزيجات القديمة للنجوم الثوابت ان نجم القطب كان حينئذٍ بعيدًا عن القطب ١٢° وبعدهُ عنهُ الآن ١° ٣٢′ تقريبًا وسيتقرّب اليهِ حتى يصير بينهما نحو ½° ثم يبعد عنهُ وبعد مضي نحو ١٢٠٠٠ سنة يكون قطب خط الاستواء قد انتقل الى الجانب الآخر من دائرة البروج فيصير بين النسر الواقع والقطب اقل من ٥° فيكون هو حينئذٍ نجم القطب وبقرب سنة ٢١٠٠ يكون بين نجم القطب والقطب ٢٩′ ٥٥″ و ٢١٠٠ + نصف ٢٥٨٦٨ اي ١٢٩٣٤ = ١٥٠٣٤ اي في تلك السنة يكون نجم القطب على بعدهِ الابعد عن القطب اي ٤٥° ٣٢′ ٥″ وبقرب سنة ٢٢٠٠ ق م كان النجم الثالث من ذنب الثعبان اي α الثعبان نجم القطب اذ كان بعدهُ عن القطب يومئذٍ ١٠′ فقط

(١٨٥) قد تقدَّم ان مبادرة الاعتدالين صادر من جاذبية الشمس والقمر على زيادة الهيولي في الاقاليم الاستوائية لكون الارض شبيهة بكرة وليست كرة تامة ولما كانت الشمس في دائرة البروج وميل تلك الدائرة ٢٣° ٢٧′ على دائرة خط الاستواء فالجاذبية المشار اليها تجذب خط الاستواء نحو دائرة البروج ولولا حركة الارض اليومية لانتهتا الى سطحٍ واحدٍ

(١٨٦) لسبب ميل دائرة البروج على خط الاستواء تكون جاذبية الشمس للاقسام الاستوائية مائلة فتنحل الى قسمين احدهما عمودي على خط الاستواء وفعل هذا القسم هو ادارة نصف الحلقة الاستوائية الاقرب الى الشمس نحو دائرة البروج والخط الذي تدور عليهِ هو الموصل



شكل ٧٠

بين الاعتدالين والنصف الآخر يُبعَد عن دائرة البروج غير ان الابعاد اقل من التقريب فتتقدم

الحلقة نحو دائرة البروج وهذا الاقتراب مع سكون الحلقة الاستوائية في الحركة اليومية يقهقر الاعتدالين

ليكن ي س سطح دائرة البروج (شكل ٧٠) و ق ر الحلقة الاستوائية الهيولية فجوهرٌ من هذه الحلقة ا مثلاً بسبب السكون في الدوران اليومي يميل الى ♈ في سطح ق ر فليكن ا ب عبارة عن تلك القوّة وا ف عبارة عن الميل نحو ي س بسبب جاذبية الشمس فتكون الحركة الناتجة من القوتين القطر ا د وذلك يقهقر ♈ الى ♈َ وكل جواهر الحلقة تحت هذا الفعل الأ لحظة كل يوم عندما تقطع ♈ و ♎ ان لم تكن الشمس على خط ♈ ♎ كما هي في اذار وايلول فيبطل الفعل حينًا

(١٨٧) ان فعل القمر في مبادرة الاعتدالين اعظم من فعل الشمس لقربهِ والنسبة بين فعلهِ وفعل الشمس :: ٧ : ٣ وللسيارات ايضًا فعل في زيادة الهيولي عند الاجزاء الاستوائية غير ان فعل السيارات هو لتقليل المبادرة لان مقدار المبادرة الحاصلة من جاذبية الشمس والقمر = ٤١ً ٥٠ً وفعل السيارات بالضدّ = ٣١ً ٠ً فبقي للمبادرة ٣ً ٥٠ً

(١٨٨) ان زمان دوران الشمس من نقطة الاعتدال الى ان تعود اليها ايضًا سُمّي سنة اعتدالية وقد رأينا ان ذلك ينقص عن دوران كامل ٣ً ٥٠ً ونسبة ٥٩َ ٣ً ٨ً اي حركة الشمس اليومية : ٢٤ ساعة :: ٣ً ٥٠ً : ٣٠ً ٩ً ٢٣ث من الوقت اي السنة الاعتدالية اقصر من السنة النجمية بمقدار ٣٠ً ٢٣ث وقت شمسي اوسط فالسنة النجمية ٣٦٥ي ٦س ٩د ٩ث

والاعتدالية ٣٦٥ ٥ ٤٨ ١٥ ٤٦

(١٨٩) ومن مبادرة الاعتدالين حدث ايضًا ان اسماء البروج الآن لا توافق الصور المسماة بتلك الاسماء بل انتقلت البروج ٢٨° الى غربي صورها ولا ريب انهُ لم يكن كذلك في اوّل تقسيم دائرة البروج بل كان كل برجٍ حينئذٍ يوافق صورتهُ . و٣ً ٥٠ً : سنة واحدة :: ٣٠° (= ١٠٨٠٠٠ً) : ٦٠ً ٢١٥٥ اي ق م بنحو ٢٨٠ سنة اي مدة قليلة بعد بناء مدرسة الاسكندرية

في الكبو

(١٩٠) رأينا سابقًا ان مبادرة الاعتدالين ودوران قطب خط الاستواء حول قطب دائرة البروج يحصل من جاذبية الشمس والقمر على الحلقة الهيولية في اجزاء الارض الاستوائية فلا بُدَّ ان يكون فعل تلك الجاذبية اعظم متى كانت الشمس في المدارين ولا شيء متى كانت في الاعتدالين ونسبة فعل القمر في هذا العمل الى فعل الشمس :: ٥ : ٢ تقريبًا فيحصل من ذلك تغيير مستمر في ميل دائرة البروج على خط الاستواء تارةً يزيد واخرى يقل وبالنتيجة تحصل حركة لقطب خط الاستواء تارةً يقرب الى قطب دائرة البروج واخرى يبعد عنها فتكون حركة قطب خط

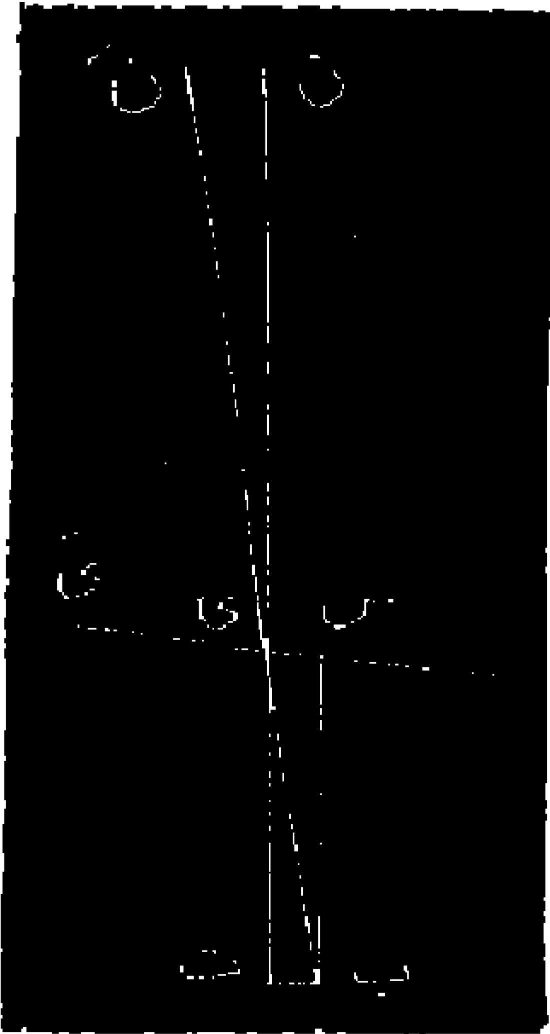
الاستواء حول قطب دائرة البروج في دائرة محيطها مركب منحنيات تقعيرها وتحديبها الى نحو قطب دائرة البروج دواليك فتشبه خطًّا مموجًا (شكل ٧١) وهذه الحركة سُمّيت الكبو وكميتها نحو ١٨" ق قطب خط الاستواء وف قطب دائرة البروج وسمي الكبو ٣٥ ٩"



شكل ٧١

في انحراف النور

(١٩١) الانحراف هو تغيير في مكان جرم سموي الظاهر حادث من حركة الارض في فلكها في مدة انتقال النور عن ذلك الجرم الينا فيكون مكانه الظاهر وراء مكانه الحقيقي بمقدار الانحراف



شكل ٧٢

ليكن يَ ي س (شكل ٧٢) جزءًا من دائرة البروج ون ي شعة من نجم عند ن خذ ي س متناسبًا لحركة الارض في فلكها وي ت متناسبًا لحركة النور وتمم شكل ي س ب ت وارسم القطر ي ب ومن حركة الارض في فلكها في مدة انتقال النور اليها من النجم يظهر كأنّ العين ثبتت عند ي واتى النور من نجم عند نَ فيكون الفرق بين المكان الظاهر والمكان الحقيقي لناظر عند ي الزاوية ن ي نَ فمن نسبة سرعة حركة النور الى سرعة حركة الارض في فلكها نستعلم هذه الزاوية وحركة النور ١٩٢٠٠٠ ميل كل ثانية وحركة الارض = ١٩ ميلاً كل ثانية فليكن ي س حركة الارض وي ت حركة النور فنسبة

١٩٢٠٠٠ : ١٩ :: ½ ق : مماس ٢٠° ٤٤٥١ ٣٠" = زاوية ت ي ب = نَ ي ن مقدار الانحراف

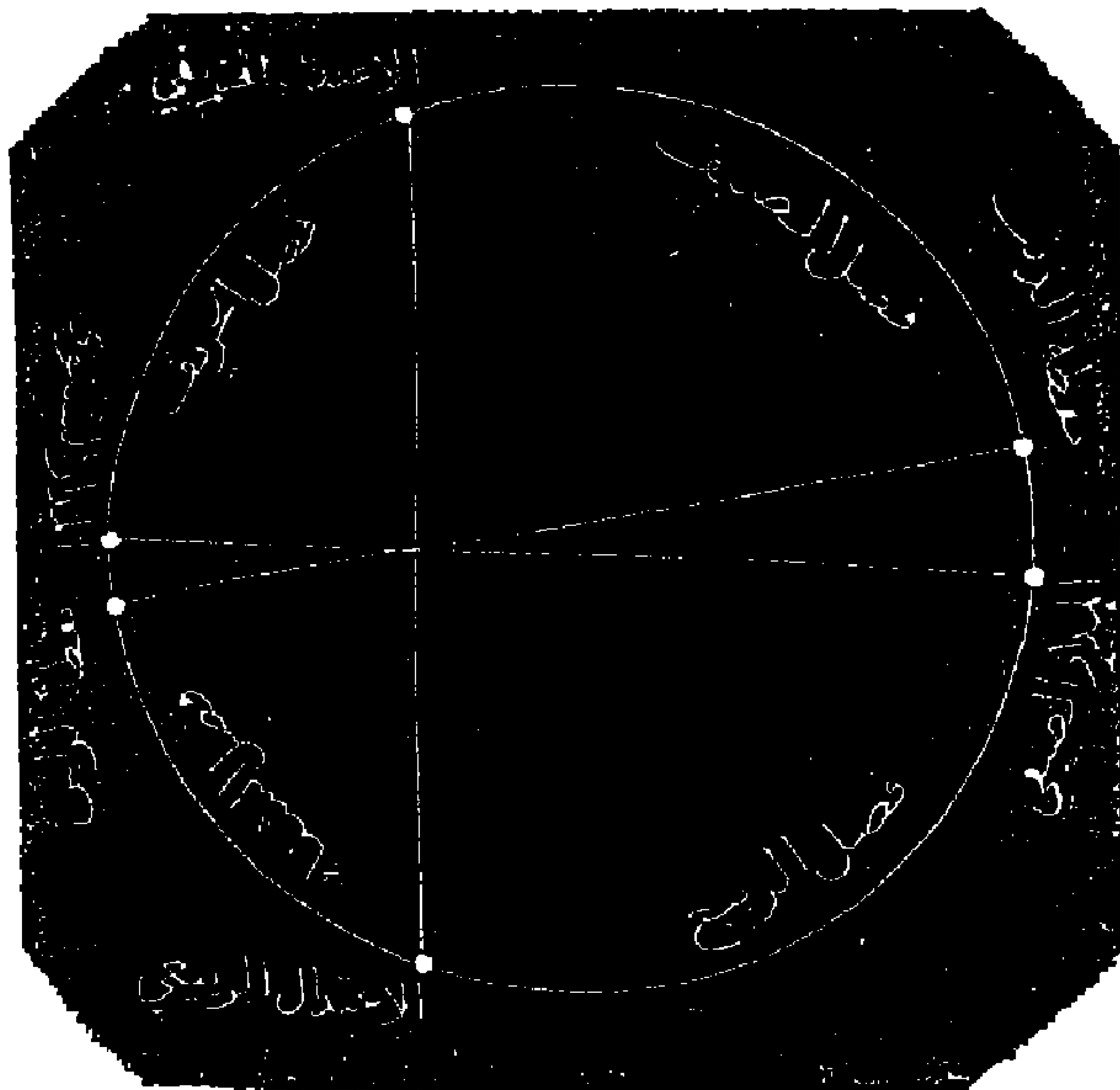
فمتى كان النور الآتي من جرم سموي عموديًّا على فلك الارض يكون الانحراف ٢٠° ٤٤٥١ ٣٠" وقد سُمّيت هذه الكمية مسمى الانحراف واذا كانت الارض متحركة نحو الجرم يكون الانحراف صفرًا فنجم واقع في سطح دائرة البروج يظهر في مكانه الحقيقي مرةً في كل ستة اشهر وقبل هذين الوقتين بثلاثة اشهر وبعدها بثلاثة اشهر ينحرف الى الجهتين المتقابلتين ٢٠° ٤٤٥١ ٣٠" فيكون كل انحرافها ٤١" تقريبًا ونجم في قطب دائرة البروج يسبق مكانه الظاهر ٢٠° ٤٤٥١ ٣٠" ابدًا فكأنه يرسم دائرة قطرها ٤١" وكل جرم بين سطح دائرة البروج وقطبه يرسم هليجيًّا قطرهُ الاعظم ٤١" وقطرهُ الاصغر يزيد بالنسبة الى عرض النجم

الانحراف برهان حسي على حركة الارض وصحة النظام الكوبرنيكي واذا استعلمنا موقع نجم بالحساب وراقبنا موقعهُ بالنظر لنا الانحراف فتُستعلَم من ذلك سرعة النور بقلب النسبة المذكورة

اي ماس ١٥٤٤٤ ٢٠" :: ½ ق :: ١٩ ميلاً : ١٩٢٠٠٠ ميل كل ثانية

(١٩٢) ان نقطتي الراس والذنب للارض ليستا بثابتتين بل تنتقلان بين البروج من الغرب الى الشرق وهما الآن في ١٠° السرطان و١٠° الجدي اي تكون الارض في نقطة الذنب في اوّل تموز وفي نقطة الراس في ١ كانون الثاني فان رصدنا وقت وصول الارض الى نقطة الراس هذه السنة وعيّنا موضعها بين البروج نجد في السنة الآتية انها تصل الى تلك النقطة ٦٦ً ١١" الى شرقي النقطة المشار اليها وهاتان النقطتان تتقدمان كل سنة ٦٦ً ١١" ولكن الاعتدال الذي يُحسَب منهُ الطول يتحرك الى الغرب كل سنة ٥٠ً ١" فيتغير طول نقطة الراس كل سنة ٧٦ً ٦١" وهذه الحقيقة يُعبَّر عنها بان الخط الموصل بين نقطة الراس والذنب لهُ حركة سنوية من الغرب الى الشرق ويدور دوراناً كاملاً في ١١١٤٩ سنة *

في سنة ١٨٠٠ كان طول نقطة الراس ٢٧٩° ٣٠′ ٨" اي فاتت المدار الشتوي ٩° ٣٠′ ٨" فكانت عند المدار الشتوي في سنة ١٢٤٧ لان ٩° ٣٠′ ٨" ÷ ¾ ٦١" = ٥٥٣ سنة و١٨٠٠ – ٥٥٣ = ١٢٤٧ وعلى هذه الكيفية يستعلم ان نقطة الراس توافق طول المدار الصيفي في سنة ١١٧٤١



شكل ٧٣

في سنة ٤٠٨٩ ق م وافق طول نقطة الراس الاعتدال الربيعي في سنة ٦٥٨٩ يوافق الاعتدال الخريفي وفي سنة ١٧٢٦٧ يعود الى موافقة الاعتدال الربيعي فيكمل الدوران وعلة هذا الانتقال هي جاذبية السيارة الكبار التي دوائرها خارج دائرة الارض حول الشمس لان فعلها مضاد جاذبية الشمس وهذا الانتقال واختلاف طول الفصول من هذا التبيل يتضح من شكل ٧٣

* ان انتقال نقطة الراس والذنب اكتشفهُ اوّلاً محمد بن جابر بن سنان ابو عبد الله الحراني المعروف بالبتاني نسبةً الى البتان قرية بقرب حران بين النهرين من رصود رصدها في اواخر القرن التاسع واوائل القرن العاشر للمسيح في الرقة على الفرات . كان صابيًا وتوفي سنة ٩٢٩ مسيحية

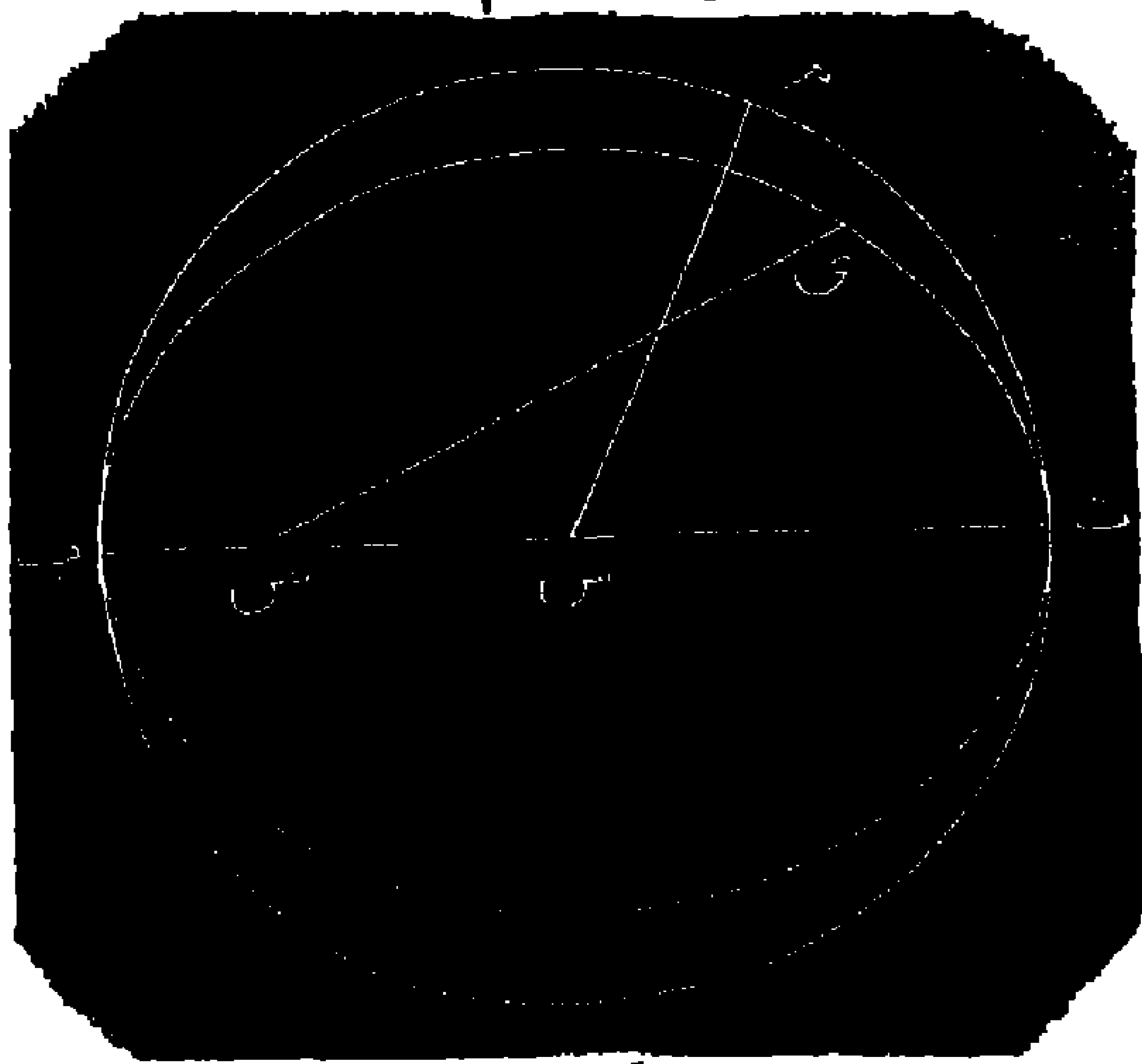
(١٩٣) ان رُسِم خط من الشمس الى جرم وآخر الى بعدهِ الابعد عن الشمس سُمّيت الزاوية الحادثة بينهما الزاوية الوسطى ومدة انتقال الشمس من نقطة الذنب مثلاً الى ان تعود اليها ايضاً سُمّيت سنة وسطى ولا بد ان تكون اطول قليلاً من سنة نجمية لانهُ يقتضي للشمس ان تتحرك ٦٦ً ١١ً اكثر من دائرة كاملة

و٣٦٠° : ٣٦٥ ٣٥٦ :: ٦٦ ١١″ : ٤َ ٤٠ً اي زيادة سنة وسطى على سنة نجمية

(١٩٤) من تغيير نقطتي الراس والذنب بالنسبة الى المدارين لا بد ان يحصل تغيير ايضاً في الفصول لانهُ لما كانت الارض في البعد الاقرب عندما كانت الشمس في المدار الشتوي كما كان في ١٢٤٨ والارض حينئذٍ على اسرع حركتها يكون الشتاء اقصر من الصيف وبالعكس ان كانت الارض في البعد الاقرب والشمس في المدار الصيفي تكون الارض حينئذٍ في اسرع حركتها في الصيف ويكون الصيف اقصر من الشتاء والآن لقرب نقطة الراس الى المدار الشتوي نجد الشهور الستة للشتاء اقصر من التي للصيف باكثر من سبعة واقل من ثمانية ايام

(١٩٥) حركة جرم الوسطى هي الحركة التي كانت لهُ لو تحرك على التساوي في دائرة تامة فتُحسَب للاجرام السموية دوائر حقيقية ويُحسَب المكان الذي يكون فيهِ الجرم لوقت مفروض اي مكانهُ الاوسط ومن ثمَّ يُصلَح ذلك لاختلاف فلكهِ عن دائرة حقيقية وهكذا يُستعلَم مكانهُ الحقيقي والزيجات الفلكية تعيّن المكان الاوسط للاجرام السموية ومعادلات لاصلاح ذلك

(١٩٦) انواع الاصلاح اللازمة للكميات المثبتة في الزيجات لاجل معرفة مكان جرم الحقيقي سُمّيت معادلات . مثالهُ لو حسبنا مكان الشمس الاوسط لوقت فلكي نستعلم مكانها الحقيقي يجب ان نعتبر التغيير الحاصل من مبادرة الاعتدالين ومن الكبو ومن مباينة فلكها فيضاف الى الزيجات معادلات لكل هذه الاشياء بها يُصلَح المكان الاوسط لمعرفة المكان الحقيقي وايضاً معادلات لجاذبية السيارات التي يحدث منها تغيير في مكان الشمس والارض بالنسبة الى السيارات وفي مكان السيارات بنسبة بعضها الى بعض



شكل ٧٤

ليكن ت ي ب (شكل ٧٤) فلك الارض ولتكن الشمس عند ص . على القطر ت ب ارسم دائرة ت م ب وليكن ي موضع الارض في فلكها و م المكان الذي كانت تكون فيهِ لو تحركت في دائرة

حقيقية فالزاوية م س ث سُمّيت الزاوية الوسطى غير الحقيقية وي ص ث الزاوية الوسطى الحقيقية والفرق بينهما اي م س ث — ي ص ث = معادلة المركز اي الاصلاح اللازم للزيجات من جرا هليجية فلك الارض وهي اعظم انواع الاصلاح كلها لمعرفة طول الشمس الحقيقية اذ تبلغ احيانًا ١° ٥٥′ ٨″ ٢٦‴

الفصل الخامس

في القمر . اوجه القمر ودورانهُ . تخطيط القمر

(١٩٧) القمر جرم سماوي تابع الارض يدور حولها على بعدٍ معدلة ٢٣٨٨٢٣ ميلاً ومباينة فلكهِ ٠٥٤٩ ٠ فيكون معظم بعدهِ ٢٥١٩٤٧ واقلهُ ٢٢٥٧١٩ ومعدل اختلافه الافقي عند خط الاستواء هو ٥٧′ ٥″ ومعظمهُ ٦٠′ ١″ واقلهُ ٥٤′ ٧″ فيُستعلَم بعدهُ بهذه النسبة

جيب ٥٧′ ٥″ : نصف قطر الارض ٨ ٣٩٦٢ :: ½ق : ٢٣٨٨٢٣

وحسب أدمسْ ٢٣٨٧٩٢ . اما قطر القمر الظاهر فهو ٣١′ ٦″

و½ق : ٢٣٨٨٢٣ :: ج ١٥′ ٣٣″ : ٥ ١٠٨٠ = نصف قطر القمر والقطر ٢١٦١ ميلاً هذا حسب هنسن وحسب بعضهم نصف القطر ١٥′ ٣٦″ ٢١ فيزيد القطر المذكور نحو ٧ او ٨ اميال ونسبة سطح الارض الى سطح القمر كمربع نصف قطرهما اي كنسبة ١٣ : ١ ولان الكرات ككعاب اقطارها يكون جرم القمر ١/٤٩ من جرم الارض اما ثقلهُ النوعي فقد حُسِب ½ ٣ اي ٣/٥ = ٦١٥ من ثقل الارض النوعي فوزنهُ = ١/٤٩ × ٦١٥ = ١/٨٠ تقريبًا . ان حسبت الارض واحدًا فنسبة الجاذبية على الارض الى الجاذبية على القمر :: ٨٠/(٣٩٥٦)٢ : ١/(١٠٨٠)٢ اي ٦ : ١ تقريبًا

الاختلاف الافقي حسب أبري ٥٧′ ٩٤ ٤″ = ٢٣٨٦٥٦ بعد

" " " أدمسْ ٥٧′ ٧ ٣ = ٢٣٨٨١٨ بعد

(١٩٨) من رصد القمر من يوم الى يوم يراهُ يدور حول الارض من الغرب الى الشرق وميل فلكهِ على دائرة البروج يختلف بين ٥° ٣٠′ ٦″ و٤° ٥٧′ ٢٢″ ومعدلهُ ٥° ٨′ ٥٥″ ومدة دورانهِ ٣٢ ٢٧ يومًا اي الى ان يعود الى الموضع بين النجوم الذي كان فيهِ

(١٩٩) المدة المشار اليها هي الشهر النجمي واما مدة الدوران بالنسبة الى الشمس فهي الشهر القانوني وهو ٥٣ ٢٩ يومًا لان القمر يمر كل يوم على ١٣ درجة تقريبًا والشمس في مدة ٢٧ يومًا تتقدم

نحو ٣٧° فيقتضي للقمر يومان بزيادة لكي يقترن بالشمس ايضًا

(٣٠٠) العقدتان هما نقطتا تقاطع فلك القمر ودائرة البروج وبينهما ١٨٠° فاذا كان القمر صاعدًا من الجنوب الى شمالي دائرة البروج فنقطة التقاطع هي العقدة الصاعدة والاخرى العقدة النازلة

متى كان الشمس والقمر على طول واحد قيل انهما في الاقتران ومتى كان بينهما ٩٠° طولاً قيل ان القمر في الربع الاوّل ومتى كان بينهما ١٨٠° قيل ان القمر في الاستقبال ومتى كان بينهما ٢٧٠° قيل ان القمر في الربع الثالث

(٣٠١) يستعلم الشهر القانوني بمقابلة الخسوفات القديمة بالحديثة اي بقسمة الايام بينهما على عدد الهلالات وهو ٢٩ يومًا ١٢ˢ ٤٤ᵈ ٣ᵗʰ = ٥٣٠٩ ٢٩ يومًا

(٣٠٢) لاستعلام الشهر النجمي اقسم ٣٦٠° على ٣٥٦٣٥ ٣٦٥ اي الايام في سنة نجمية فلنا ٩٨٥٦ ٠° اي حركة الشمس اليومية . اضربها في ٥٣ ٢٩ اي ايام الشهر القانوني فلنا ١٠٥ ٢٩° اي القوس التي تقطعها الشمس في الشهر القانوني فيقطع القمر ٣٦٠° + ١٠٥ ٢٩° في شهر قانوني و ٣٦٠° في شهر نجمي ثم نسبة

٣٦٠° + ١٠٥ ٢٩° : ٣٦٠° :: ٥٣ ٢٩ يومًا : ٣٢ ٢٧ يومًا وهو بالتدقيق ٢٧ ٧ ٤٣ ١١

(٣٠٢) هيئة فلك القمر يستعلم كما تقدم من جهة فلك الشمس لان قطر القمر الظاهر يختلف بين ٣٣′ ٧″ ٢١‴ و٢٩′ ٢١″ ٢١‴ فتكون نسبة بعد القمر الابعد الى بعده الاقرب :: ٧ : ٦ تقريبًا ومعدل مباينة فلكه $\frac{١}{١٨}$ = نحو ١٣١١٢ ميلاً معظمها $\frac{١}{١٥}$ = ١٥٧٦٠ ميلاً ومصغرها $\frac{١}{٢٢}$ = ١٠٥١٠ اميال . اي ٤ $\frac{١}{٢}$ مرات اكثر من مباينة فلك الارض ولكن بالنظر لا يمتاز عن دائرة حقيقية لان القطر الاعظم يزيد على منصفه $\frac{٣}{١٠٠٠}$ من طوله فقط

متى كان القمر على اقرب مسافته عن الارض قيل انهُ في الاوج ومتى كان على ابعدها قيل انهُ في الحضيض

الشهر الاوسط هو مدة دوران القمر من اوج الى اوج او من حضيض الى حضيض وهو ٥٥ ٢٧ يومًا والشهر العقدي هو مدة الدوران من عقدة الى عقدة وهو ٢١ ٢٧ يومًا

(٣٠٤) القمر يدور على محوره في نفس مدة دورانهِ حول الارض اي مرة في ٣٢ ٢٧ يومًا ومحورهُ عمودي على سطح فلكه تقريبًا فيُرَى من سطح الارض جانب واحد من القمر فقط ويُرَى كل سطحه من الشمس مرّة في كل شهر قانوني اي ٥٣ ٢٩ يومًا . نهارهُ ١٥ يومًا وليلة ١٥ يومًا تقريبًا خط القمر الاستوائي مائل قليلاً على دائرة البروج وعقدته الصاعدة توافق عقدة فلكه النازلة

ابدًا فيرسم محور القمر سطحًا مخروطيًّا حول محور دائرة البروج مرة في كل ٦ ١٨ سنة

(٢٠٥) تمايل القمر هو حركة جزئية لهُ بها يظهر لنا شيء قليل من نصف كرتهِ المختفية وهي ثلاثة انواع تمايل طولاً وتمايل عرضًا وتمايل يومي اما التمايل طولاً فبهِ يمتد النظر قليلاً حول خطهِ الاستوائي اوّلاً من الجانب الواحد ثم من الجانب الآخر مرّة كل شهر نجمي وذلك لانهُ يدور دورانًا متساويًا على محورهِ ويتحرك على غير تساوٍ في فلكهِ . فمتى كان في الحضيض يدور على محورهِ اكثر من ٩٠° بينما يمر على ٩٠° من فلكهِ فنرى اكثر قليلاً من جانبهِ الشرقي وبالعكس متى كان في الاوج فنرى اكثر قليلاً من جانبهِ الغربي ومعظمهُ ٧° ٥٥′ فلو كان فلك القمر دائرة لما حصل تمايل طولاً

اما التمايل عرضًا ففيهِ يمتد نظرنا الى ابعد من قطبيهِ قليلاً بما ان محور القمر مائل قليلاً على فلكهِ اي ٦° ٣٩′ على المعدل فيتوجه نحونا اولاً القطب الواحد ثم الآخر مرّة كل شهر. ومعظمهُ ٦° ٤٧′ وباتفاق النوعين ينكشف من سطحهِ ١٠° ٢٤′ فلو كان فلكهُ وخطهُ الاستوائي في سطحٍ واحد لما حصل تمايل عرضًا

اما التمايل اليومي فمن قِبَل الاختلاف اليومي لانهُ متى كان على الهاجرة نراهُ كما لو نظرنا اليهِ من مركز الارض تقريبًا ومتى كان في الافق يكون ابعد عنا نحو ٤٠٠٠ ميل فيمتد النظر قليلاً على جانبهِ الغربي عند شروقهِ وعلى جانبهِ الشرقي عند غروبهِ ومعظمهُ ٣٢″ وبمساعدة انواع التمايل نرى من سطح القمر $\frac{٥٧}{١٠٠}$ والقسم منهُ المختفي عنا ابدًا هو $\frac{٤٣}{١٠٠}$ من سطحهِ

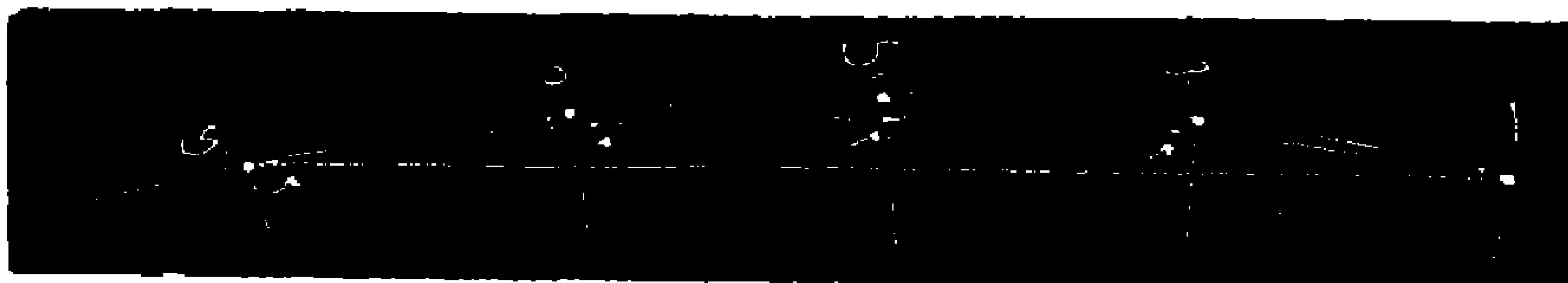
(٢٠٦) بعد القمر عن الارض هو نحو ٦٠ مرة ½ ق الارض وبالتدقيق ٦٠ ٢٦ ٥٩ فمتى كان على الهاجرة يكون قطرهُ الظاهر $\frac{١}{٦٠}$ مرّة اكبر مما هو والقمر في الافق اي نحو ٣٠″ وذلك لا يُشعَر بهِ بالنظر بل يقاس بالآلات

(٢٠٧) القمر يدور حول الارض والارض تدور حول الشمس على ٤٠٠ مرّة بعد القمر عن الارض لان ٢٣٨٦٥٠ × ٤٠٠ = ٩٥٤٦٠٠٠٠ فنقطة من خط القمر الاستوائي بدورانهِ على محورهِ تتحرك ١٠ اميال كل ساعة وسرعة القمر حول الارض ٢٣٠٠ ميل كل ساعة وسرعتهُ حول الشمس ٦٨٠٠٠ ميل كل ساعة

(٢٠٨) هيئة فلك القمر. اذا دار جرم حول مركز متحرك يرسم خطًّا منحنيًا سُمّي ابيكيكلويد وفلك القمر هو ابيكيكلويد متموّج

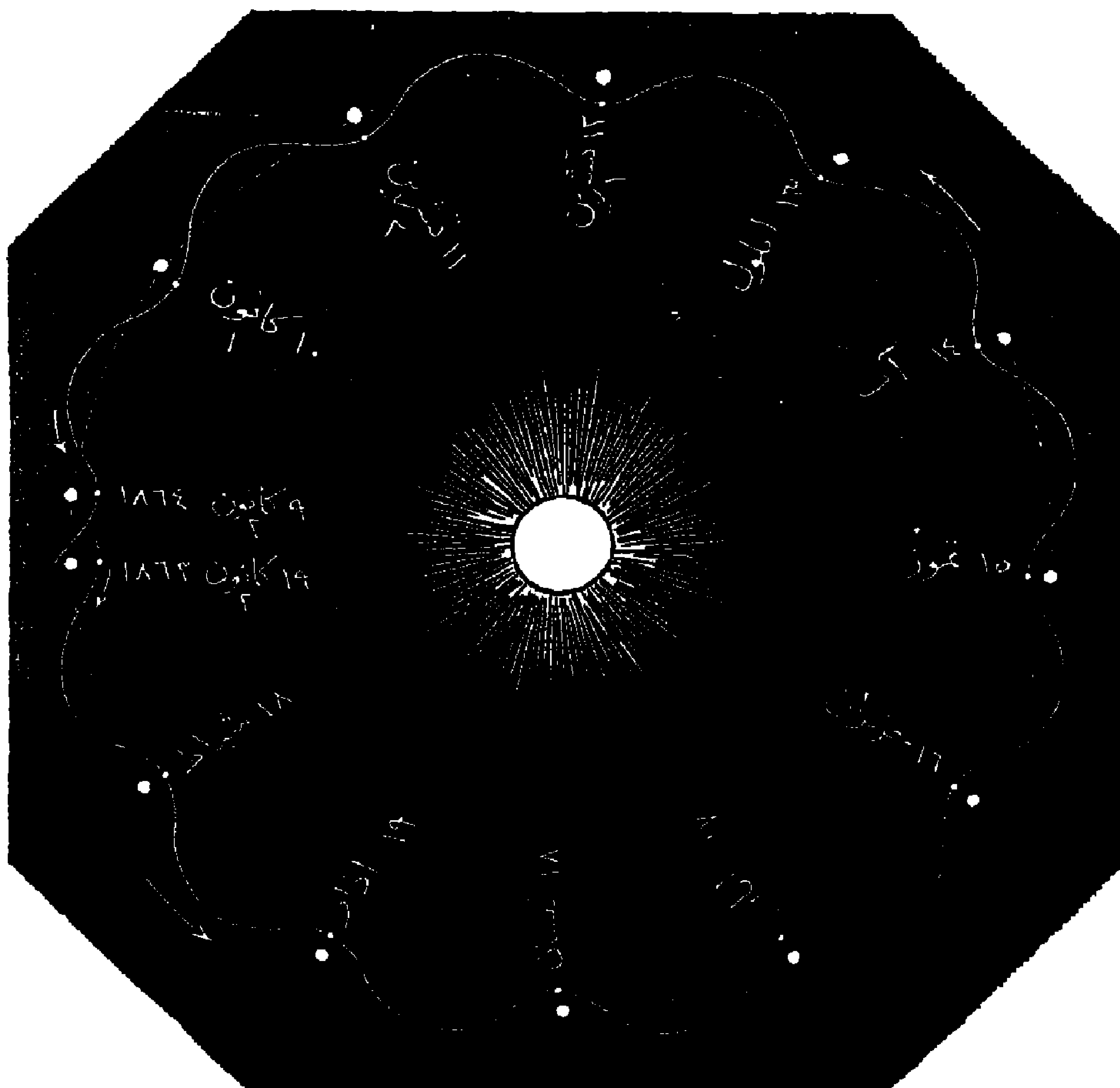
لتكن الدوائر الصغار (شكل ٧٥) دالة على قطع فلك القمر و ا ي قطعة من فلك الارض حول الشمس وهي عند ملتقى الخطوط المفرّضة فبينما يدور القمر نصف دورانهُ حول الارض تمر

الارض على $\frac{١}{٢٥}$ من فلكها اي من ا الى ي فلنفرض الارض عند ا والقمر في الربع الآخر آخذًا في المرور بالقوس من فلكهِ التي هي اقرب الى الشمس فمتى انتهت الارض الى ب يكون القمر قد مرَّ على نصف الربع ومتى صارت الارض عند س يكون القمر في الاقتران ومتى كانت الارض عند د



شكل ٧٥

يكون قد مرَّ على نصف الربع ايضًا ومتى كانت الارض عند ي يكون القمر في الربع الاوَّل اي قد مر على نصف فلكهِ بالنسبة الى الارض واما بالنسبة الى الشمس فيكون قد مر على منحنٍ داخل

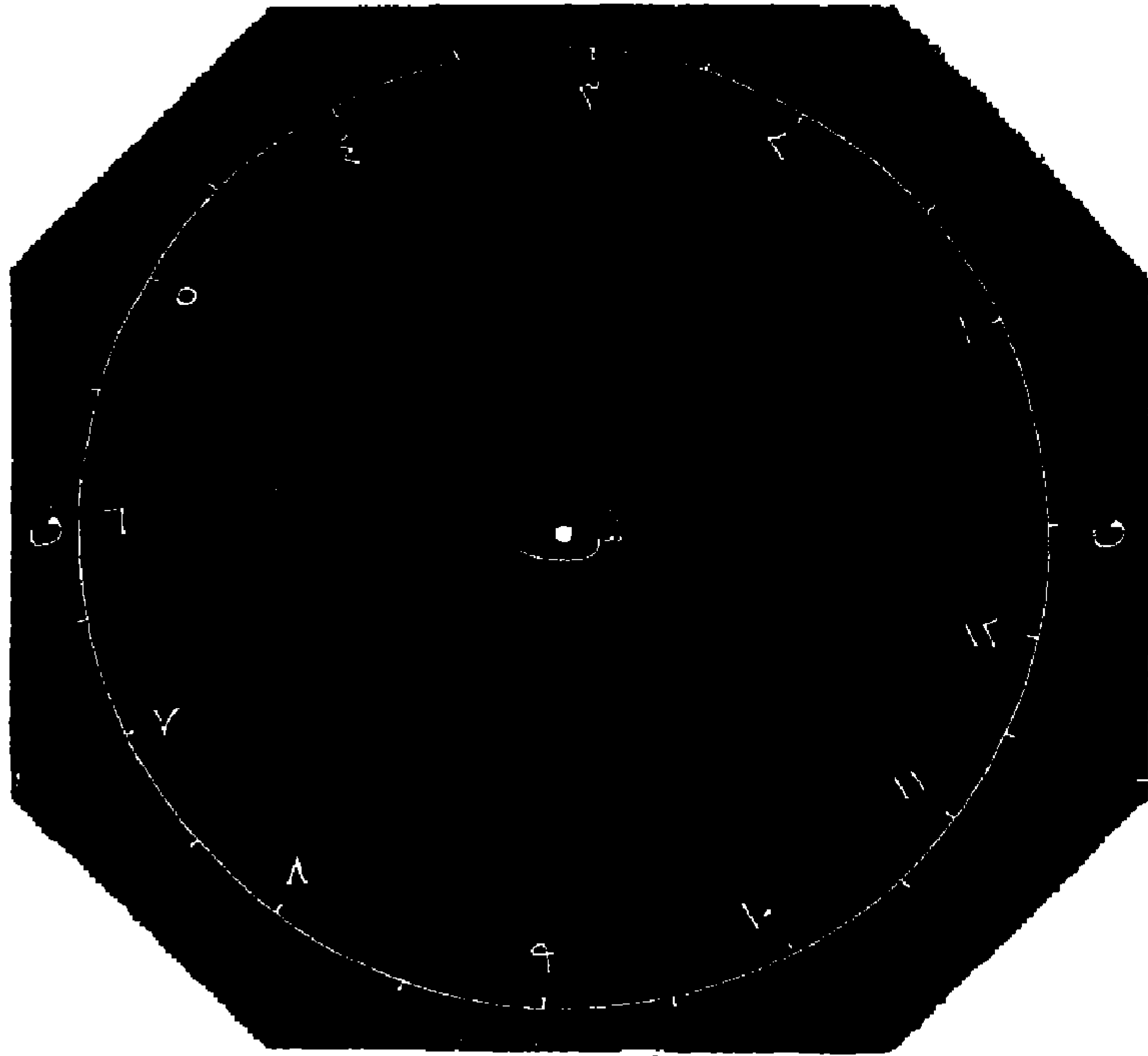


شكل ٧٦

فلك الارض من ا الى ي وعند ي يقطع فلك الارض ويتقدم مع الارض مسافة اخرى ويرسم منحنيًا خارج فلك الارض وهكذا يرسم في السنة ٢٥ تموجًا صغيرًا جدًّا بالنسبة الى فلك الارض حتى

بالكد يمتاز فلكهُ عن فلك الارض لناظر اليهِ من الشمس وذلك يتضح ايضًا من شكل ٧٦ و٧٦ ب

(٣٠٩) بما ان القمر يدور حول الشمس على معدل بعد الارض وفي نفس مدة دوران الارض حولها فلا بد ان يكون خاضعًا للقوات الفاعلة في الارض فلو تلاشت الارض لما تغير فلك القمر حول الشمس كثيرًا الّا بمحو التموج الحاضر وتحويل فلكهِ الى هليلجية صحيحة



شكل ٧٦ ب

لاجل معرفة نسبة جاذبية الشمس للارض الى جاذبيتها للقمر فقد تقدم ($ع\frac{١٠٤}{}$) ان القوة الجاذبة نحو المركز اي ج ∞ $\frac{\frac{١}{٢}ق}{ت^{٢}}$ وت = مدة الدوران فاذا جُعِل $\frac{١}{٢}$ق فلك القمر واحدًا يكون $\frac{١}{٢}$ق فلك الارض نحو ٤٠٠ والمدَّات ٢٧٫٣٢ يومًا و٣٦٥٫٢٥ يومًا . فنسبة جاذبية القمر نحو الشمس : جاذبيتهِ نحو الارض :: $\frac{٤٠٠}{(٣٦٥٫٢٥)^{٢}}$: $\frac{١}{(٢٧٫٣٢)^{٢}}$: ١ : ٢٫٣ تقريبًا اي الشمس وان كانت ابعد تجذب القمر $٢\frac{١}{٥}$ اكثر مما تجذبهُ الارض

وان قيل فلماذا لا يترك القمر الارض اطاعةً لجاذبية الشمس الزائدة فتذهب اليها ولاسيما عند حدوث كسوف تام حينما تجذبها عن الارض بالاستقامة فيجاب ان الشمس تجذب الارض ايضًا وجاذبيتها للارض تارةً اكثر من جاذبيتها للقمر وتارةً اقل حسب بعد الارض او القمر عنها فالارض لكي تمنع انفلات قمرها من ربطها لا تلتزم بمقاومة جاذبية الشمس لهُ بل انما بمقاومة زيادة تلك الجاذبية عن جاذبية الشمس لها اي فضلة جاذبية الشمس للقمر وللارض وهي اقل من جاذبية الارض للقمر

وبالحقيقة القمر سيار دائر حول الشمس تحت اضطرابات من تلقاء فعل سيار آخر هو الارض كما قد اتضح من شكل ٧٦ و٧٦ ب

(٢١٠) متى كان القمر في الاقتران كما في س (شكل ٧٥) تجذبهُ الارض عن الشمس فيبعد عنها حتى تصير الارض الى د وي فينتهي الى الاستقبال ثم تكون الشمس والارض على جانب واحد منهُ فتجذبانهِ الى جهة واحدة فيقترب الى الشمس حتى ينتهي الى الاقتران وفي مرور القمر على هذا الخط المموج تارةً يسبق الارض في فلكها كما عند ا واخرى يتأخَّر عنها كما عند ي . والارض عند ا تجذب القمر الى الوراء فيتأخَّر عن الارض كما هو عند ي ثم تغلب الارض هذه الحركة الى الوراء وتجذبهُ الى قدام حتى يسبقها وهلمَّ جرًّا فيكون خط القمر المموج ناتجًا عن اضطراب دورانهِ حول الشمس بواسطة جاذبية الارض لهُ

ان الارض في كل دورة القمر حولها تدور حول مركز ثقل كليهما ومن جراء ذلك تترايا الشمس تارةً سابقة طولها الاوسط واخرى متاخرة عنهُ فمتى كان القمر في الاقتران او الاستقبال لا يتغير موقع الشمس بالنسبة الى الارض لانها على استقامة واحدة ومتى كان القمر في الربع الاوَّل تُنقَل الارض نحو موقع القمر في الربع الرابع اي سابقة موقعها الحقيقي فتظهر الشمس سابقة موقعها الحقيقي ومتى كان القمر في الربع الرابع تنقل الارض نحو موقعهِ في الربع الاوَّل فتتاخر الشمس ايضًا بالظاهر وهذا التغير في موقع الشمس سُمّي تفاوتها الاختلافي ومن كثرة رصدها وهي على الماجرة قد حسب لاقريبر هذا التفاوت ٦ً٠٥ً وحسبهُ نيوكومب الاميركاني ٦ً٥٢ً والمعدل ٦ً٥١ً فان حسبنا معدل اختلاف الشمس الافقي ٨ً٩١ً يكون مركز ثقل الارض والقمر عن مركز الارض $\frac{٦٥١}{٨٩١}$ من نصف قطر الارض الاستوائي اي $\frac{٦٥١}{٨٩١}$ من ٣٩٦٣ ميلاً اي نحو ٢٨٩٥ ميلاً فتكون نسبة جرم القمر الى مجتمع جرمي الارض والقمر :: ٢٨٩٥ : ٢٣٨٨١٨ اي

جرم القمر : جرم الارض :: ٢٨٩٥ : ٢٣٥٩٢٣

:: ١ : ٨١ً٥

ولاجل تحويل العمل الى عبارة افرض $\frac{١}{٢}$ ق = نصف قطر الارض الاستوائي و ب = بعد القمر و ت = تفاوت الشمس الاختلافية ح = معدل اختلاف الشمس الافقي و μ = جرم القمر على افتراض جرم الارض واحدًا ثم

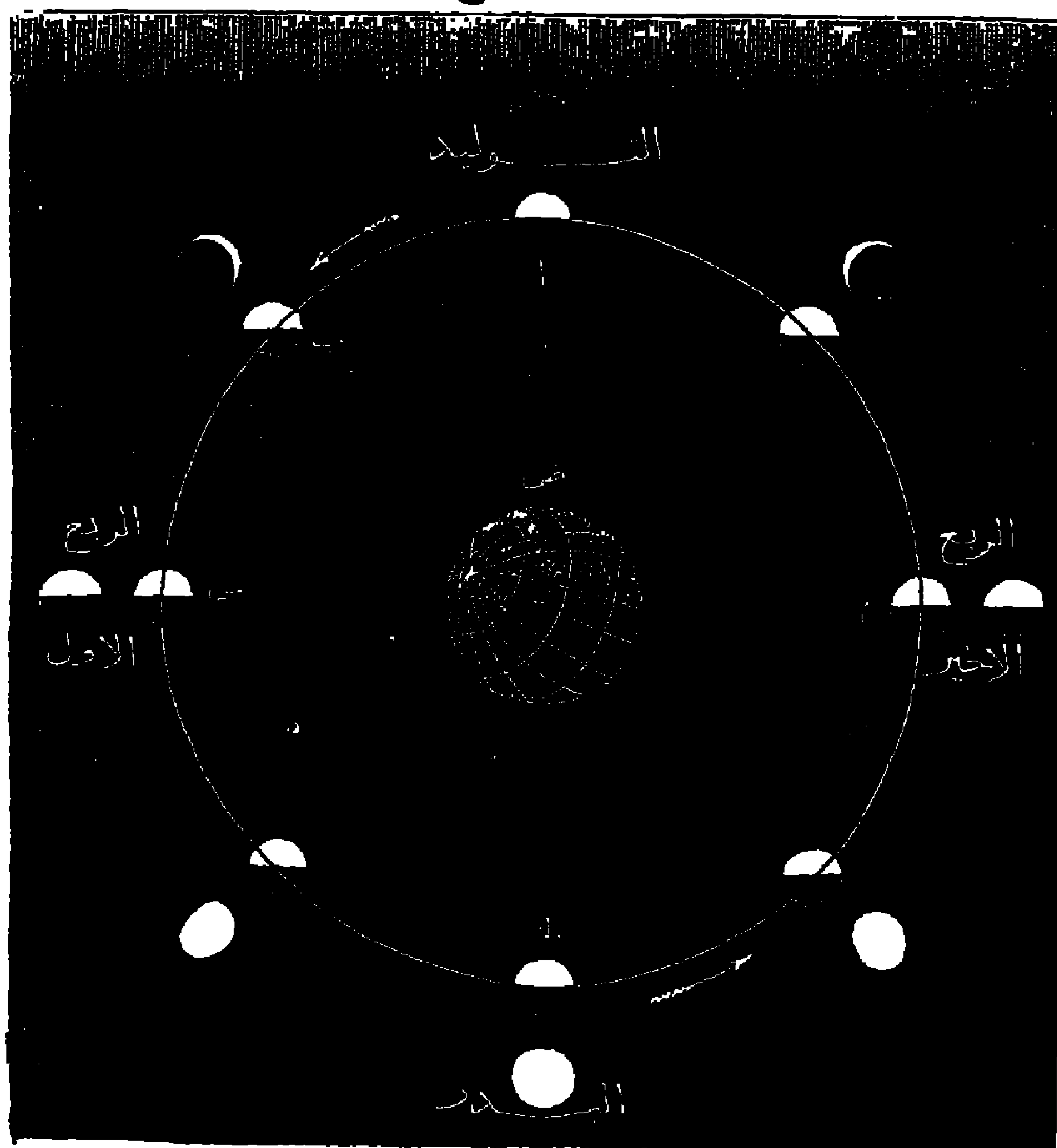
$$\frac{\mu}{\mu + ١} = \frac{ت \times \frac{١}{٢} ق}{ح \times ب} \quad (٥١)$$

وعلى هذه الكيفية قد حسب بعضهم جرم القمر $\frac{١}{٨١٫٢٤٨}$ وبعضهم $\frac{١}{٨١٫٣٢٦}$ وبعضهم $\frac{١}{٨١}$ فنحسب

معدّلة $\frac{١}{٨١٫٤٠}$ = ٠٫٠١٢٢٨ وقد تقدم ان جرم القمر $\frac{١}{٤٩٫٣٦}$ (عـ ١٩٧) فنسبة وزن القمر الى وزن الارض :: ٤٩٫٣٦ : ٨١٫٤٠ فان كانت كثافة الارض واحدًا يكون كثافة القمر $\frac{٤٩٫٣٦}{٨١٫٤٠}$ = ٠٫٦٠٥٣ فان كان ثقل الارض النوعي ٥٫٧ يكون ثقل القمر النوعي ٣½ كما تقدم

أوجه القمر

(٣١١) ان بعد الشمس عن الارض = ٢٣٩٨٤ مرة نصف قطر الارض وبعد القمر عن الارض ٥٩٫٩٦ مرة نصف قطر الارض فتحسب شعاع الشمس الى الارض والى القمر متوازية ومتى



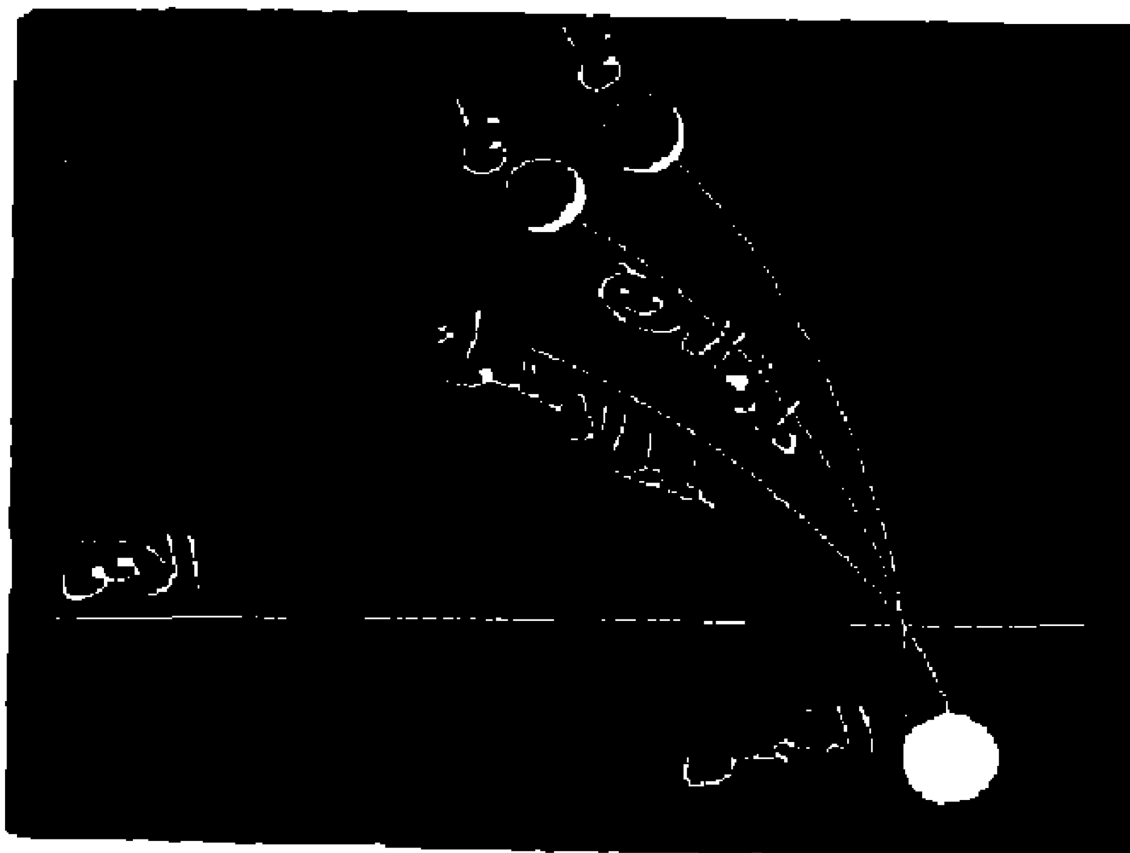
شكل ٧٧

كان في الاقتران يكون وجههُ المظلم نحو الارض فلا يُرَى وقيل حينئذٍ انهُ في المحاق ثم متى تباين قليلاً يُرَى هلالاً وكل يوم يزيد تباينهُ عن الشمس قليلاً فيكبر الجزء المنوَّر من وجههِ المتجه نحو الارض الى ان يُرَى نصفهُ فيقال انهُ في التربيع الاوَّل وحينئذٍ يكون قد دار ٩٠° من دورانهِ اي تكون الزاوية الحادثة بين خط من مركز الارض الى مركز القمر وآخر الى مركز الشمس ٩٠° ثم يتقدم نصف دورانهِ

اي ١٨٠° من الشمس فيبان لنا كل وجهه منوّرًا وهو حينئذٍ في الاستقبال ثم ينقص ايضًا الى ان يكون بينهُ وبين الشمس ٩٠° فيكون في التربيع الثالث ويبان نصف وجهه منوّرًا وهكذا الى ان يصل الى جهة الشمس فيكون في الاقتران ووجههُ المظلم الى جهة الارض فيخفى عنا قليلاً اي يعود الى المحاق

(٢١٢) يتضح ما سبق من شكل ٧٧

ليكن ض الارض و ا ب س الخ القمر فمتى كان القمر عند ا يكون في الاقتران ووجههُ المنوّر الى جهة الشمس ووجههُ المظلم الى نحو الارض فلا يُرى اي هو في المحاق ثم متى وصل الى ب يُرى جزءٌ من الوجه المنوّر على هيئة هلال وعند وصولهِ الى س يُرى نصف الوجه المنوّر فيكون في التربيع الاوّل وهكذا الى ان يصل الى ك فيكون في الاستقبال ووجههُ المنوّر كلهُ الى جهة الارض فيُرى بدرًا ثم ينقص على هذا الاسلوب حتى يصل الى م فيكون في التربيع الرابع ثم يعود الى الاقتران كما كان اولاً



شكل ٧٨

(٢١٢ب) اما وضع قرني الهلال فيتوقف على نسبة ميل القمر الى ميل الشمس فالخط الموصل بين قرنيهِ عمودي على الدائرة العظيمة المارة بمركز الشمس ومركز القمر فعلى افتراض القمر في دائرة البروج عند ق[1] (شكل ٧٨) فالخط الموصل بين القرنين يحدث مع الافق زاوية اكبر او اصغر حسب ميل دائرة البروج على الافق وذلك يختلف حسب عرض المكان وان كان القمر عند ق[2] كانت الدائرة العظيمة المارة بهِ وبالشمس تحدث مع الافق زاوية اكبر من الاولى



شكل ٧٩

ومتى كان الهلال في القسم من فلكهِ الاقل ميلاً على الافق كما يحدث بقرب الاعتدال الخريفي والقمر عند ق[3] او ق[4] (شكل ٧٩) فالخط الموصل بين القرنين يقرب الى العمودي على الافق وهكذا يقال ايضًا في وضع قرني القمر في النقصة قبل الشروق

(٢١٣) منازل القمر عند علماء الهيئة العرب ٢٨ منزلة (١) الشرطان (٢) البطين وهما في الحمل ثم (٣) الثريا (٤) الدبران وهما في الثور ثم (٥) الهقعة في راس الجبار ثم (٦) الهنعة في رجل التوأمين و (٧) الذراع في ذراعها وهذه السبع سُمّيت منازل الربيع ثم (٨) النثرة وهي المعلف في السرطان ثم

(٩) الطرف ثم (١٠) الجبهة ثم (١١) الزبرة ويقال له الخراتان ايضًا ثم (١٢) الصرفة وهذه الاربعة في الاسد ثم (١٣) العواء ثم (١٤) السماك الاعزل وهذه السبع منازل الصيف ثم (١٥) الغفر في رجل السنبلة ثم (١٦) زبانا العقرب ثم (١٧) الاكليل في راس العقرب ثم (١٨) القلب اي قلب العقرب ثم (١٩) الشولة اي شولة العقرب ثم (٢٠) النعائم ثم (٢١) البلدة وهي رقعة من السماء لا كوكب بها بين النعائم وسعد ذابح وهذه السبعة منازل الخريف ثم (٢٢) سعد ذابح و(٢٣) سعد بلع وهما في الجدي ثم (٢٤) سعد السعود و(٢٥) سعد الاخبية ثم (٢٦) الفرغ المقدَّم ثم (٢٧) الفرغ المؤخَّر وهذه الاربع في الدلو ثم (٢٨) بطن الحوت وهذه السبع منازل الشتاء

(٣١٤) نرى ارتفاع القمر وهو على خط نصف النهار احيانًا كثيرًا واحيانًا قليلاً ولو كان على عمر واحدٍ. فاوقاتًا يكون ارتفاع الهلال كثيرًا وارتفاع البدر قليلاً واوقاتًا بعكس ذلك وسبب ذلك يتضح اذا فرضنا دائرة البروج نفس فلك القمر لقلة ميل احدهما على الآخر فالهلال والشمس في جهة واحدة من السماء ابدًا والشمس والبدر في جهات متقابلة ابدًا فمتى كان ارتفاع الشمس كثيرًا اي في الصيف يكون ارتفاع الهلال كثيرًا وارتفاع البدر قليلاً ومتى كان ارتفاع الشمس قليلاً اي في الشتاء يكون ارتفاع الهلال قليلاً وارتفاع البدر كثيرًا ومن فوائد ذلك انارة الجهات الشمالية بالقمر في الشتاء والشمس مخفية عنها فيعوّض عنها نوعًا بالقمر الذي يبقى ظاهرًا من التربيع الاوّل الى الثالث اما في الصيف حين تكون الشمس فوق الافق ابدًا فيظهر القمر من التربيع الثالث الى الاوّل وبالعكس عند القطب الجنوبي

(٣١٥) بقرب الاعتدال الخريفي متى كان القمر بقرب الاستقبال نراهُ يشرق بقرب غياب الشمس عدة ليالٍ متوالية اي بين وقت طلوعهِ في تلك الليالي فرق اقل مما يكون في سائر الاوقات وايضاحًا لذلك لنفرض فلك القمر مطابق دائرة البروج كما تقدم فلو تحرك القمر على خط الاستواء لكانت كل اقسام فلكهِ مثل خط الاستواء تقطع الافق على زاوية واحدة ولما كان فلكهُ يماثل دائرة البروج او يختلف عنها قليلاً وهي مائلة على خط الاستواء فاجزاؤُها تقطع الافق على زوايا مختلفة كما يرى من النظر الى الكرة ثم متى كان الاعتدال الربيعي عند الافق شرقًا يكون بين فلك القمر والافق اصغر الزوايا الحادثة بينهما وعند الاعتدال الخريفي الشمس في الميزان والقمر عند الاستقبال في الحمل ويشرق عند غياب الشمس وكذا في الليلة التالية ولو تقدم ١٣° في فلكهِ فلقلة ميل فلكهِ على الافق يختلف قليلاً في وقت الطلوع بين ليلةٍ واخرى وهكذا مدة ٧ او ٨ ايام وهذه الرؤْية سُميت في الشمال قمر الحصاد وهو يتضح ايضًا من شكل ٨٠

ارسم دائرة للحركة اليومية ف س فَ ر (شكل ٨٠) فيقتضي للقمر في الليلة التالية ان يمرَّ

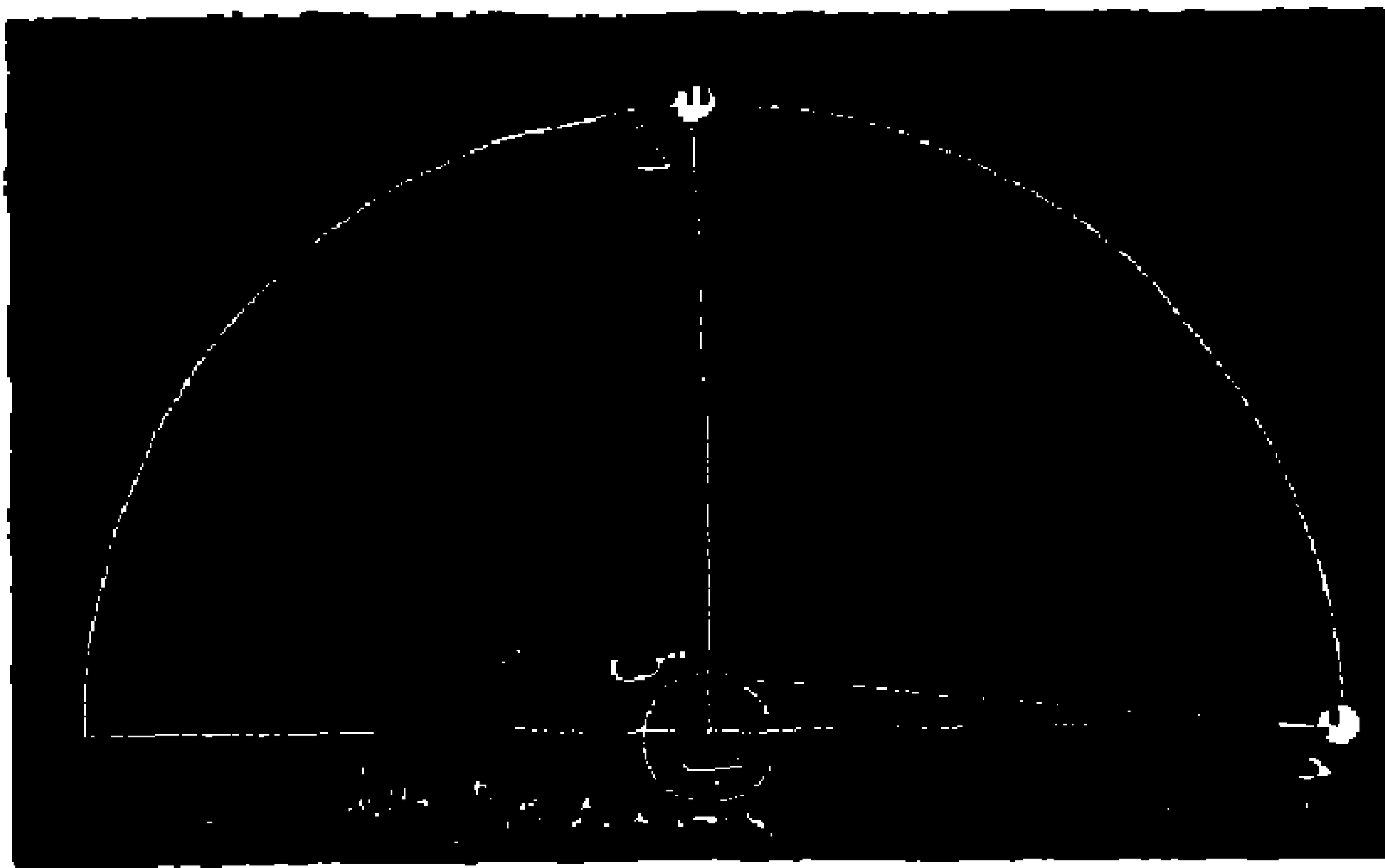
على س ر ن قبل ان يشرق وذلك في ٣ ٥٦ وس ن على اقلهِ متى كانت س زن على اقلها اذا فُرِض زن فمتى كانت الشمس في الميزان اي عند الاعتدال الخريفي يكون القمر في الحمل عند الاستقبال فيلاحظ امر شروقهِ اكثر مما يلاحظ في وقت آخر مع ان هذه الروية تظهر مرة كل شهر متى انتهى القمر الى برج الحمل . ثم لتكن ق زق فلك القمر ميلهُ على دائرة البروج نحو ٥° ٩ ' فيمر على ر ن فقط في الليلة التالية بعد وجودهُ في ز فيكون الاختلاف في شروقهِ بين ليلة واخرى على اقل ما يمكن



شكل ٨٠

وبالعكس متى كان القمر في الميزان يكون على معظم الفرق بين اوقات شروقهِ بين ليلة وليلة . وكل ما زاد العرض صغرت الزاوية رزن فتصغر القوس ر ن فاذا صغرت حتى يمر على ر ن في ٣ ٥٦ اي فضلة اليوم النجمي والشمسي يشرق على ليلتين في نفس الساعة

ليكن خ ا خط الاستواء وم قطبهُ وح و الافق و د ب دائرة البروج ز نقطة الحمل الاولى ثم في كل عرض شمالي متى كان الحمل في الشروق تكون دائرة البروج على اقل ميلها على الافق وبما ان فلك القمر مائل قليلاً على دائرة البروج فلنحسبها اولاً واحدة ولتكن ز نقطة شروق القمر في ليلةٍ ما فبعد ٣٢ ٥٦ ٤ تكون الارض قد دارت على محورها فترجع نقطة ز الى الافق وفي تلك المدة قد تحرك القمر الى س



شكل ٨١

(٢١٦) متى كان القمر في سمت الراس يكون اقرب الينا مما هو في الافق بمقدار $\frac{1}{٦٠}$ من بعدهِ كما يتضح من شكل ٨١ فالبعد س د = ب د وب د = ب دَ وهو اطول من س دَ بمقدار ب س = نصف قطر الارض = $\frac{1}{٦٠}$ من بعد القمر

فقطر القمر اذا قيس عند وصولهِ الى سمت الراس اكبر مما هو في الافق بمقدار ٣٠" = $\frac{1}{٦٠}$ من قطرهِ تقريباً وسبب ظهور البدر في الافق اكبر مما هو متى ارتفع عنهُ قد تقدم القول بهِ

قطر القمر الظاهر وهو في الاوج	٣٣' ١' ٣٠"	=	٣٠١٠'١
" " " " الحضيض	٢٩' ٩' ٣٠"	=	١٧٦٠'٩
" " " على معدل بعدهِ	٣١' ١' ٥"	=	١٨٦٥'١

(٢١٧) لسكان القمران كان فيهِ سكان يوم واحد كل شهر قانوني اي ½ ٢٩ يومًا فيكون نهارهم ١٥ يومًا تقريبًا وليلهم كذلك فيحصل من ذلك تغيير عظيم من شدة الحر الى شدة البرد خاصةً في الاجزاء الاستوائية منهُ والساكن على الجانب الذي لايتجه نحو الارض لا يرى الارض البتة وآخر على الجانب الذي نحو الارض يراها تتغيَّر من هلال الى بدر ومن بدر الى هلال كما نرى نحن القمر في مدَّة ١٥ يومًا فمتى كان القمر في الاقتران يُرَى الارض بدرًا ومتى كان في الاستقبال تصير في المحاق وبعد ذلك قليلاً يراها هلالاً وتتراءى لهُ كانها ثابتة في نقطة واحدة من السماء لان القمر يدور على محورهِ في نفس مدَّة دورانهِ حول الارض فلا تغيب وتشرق بل تبقى ظاهرة في مكان واحد مدَّة الليل القمري كلهِ

(٢١٨) ان سطح القمر سطح غير مستوٍ فيهِ سهول واسعة وجبال شامخة كما يتضح من النظر اليهِ بنظارة بين الهلال والبدر او بعدهُ فيُرَى الخط الفاصل بين الجزء المنوَّر والجزء المظلم غير مستقيم بسبب مرورهِ على مرتفعات ومنخفضات وفي القسم المظلم نقط منوَّرة هي رؤُوس جبال يقع عليها نور الشمس قبل وقوعهِ على الاقسام السفلى (انظر الصورة الثالثة والرابعة)

ان كثيرين من علماء الهيئة من عصر جليليو فنازلاً رصدوا سطح القمر بواسطة نظارات مختلفة القوَّة ورسموا صورة ما شاهدوهُ على قرطاس منهم هيفيليوس. اشهر خارطة القمر سنة ١٦٤٧ والأب رمشيولي من بولونيا طبع خارطة القمر سنة ١٦٥١ وهي دون خارطة هيفيليوس ونحو سنة ١٦٧٨ طبع دومنكيوس كاسيني خارطة القمر قطرها ١٢ قدمًا فرنساويًّا غير انهُ عين فيها اقسامًا قليلة العدد بالنسبة الى قطرها. ثم صنع طوبيا ماير خارطة للقمر جيدة جدًّا وُجِدَت بين تركتهِ وطُبِعَت ١٧٧٥ اي ١٣ سنة بعد وفاتهِ وبقيت تلك الخارطة وحدها للاعتماد عليها في تخطيط القمر حتى شرع بيَر وميَدلر بعمل خارطتها سنة ١٨٣٠ واشهراها مع كتابها في القمر سنة ١٨٣٧ وعيَّنا فيهِ ٩١٩ محلاً وعلو ١٠٩٥ جبلاً والخارطة في هذا الكتاب مختصرة عن خارطتها (انظر صورة ٣) والعلاَّمة شمدت مدبر مرصد اثينا قد صنع خارطات لبعض اقسام القمر على قطر ٦ اقدام فرنساوية بناء ان يجمعها خارطة واحدة عند تمامها والدكتور دريبر من نيويورك اخذ فوتوكراف القمر سنة ١٨٤٠ وبين ١٨٥٠ و١٨٥٧ تصوَّر القمر بالفوتوكرافيا عدَّة مرات عن يد البادري سكي في رومية وارنولد في فرنسا ودلاريو وهُغنس وغيرها في انكلترا وافضل فوتوكرافات القمر هي شغل المعلم روثرفورد من نيويورك من ١٨٦٥ فصاعدًا

عند النظر الى القمر بنظارة تُرَى ستة اشياء يحق لها الاعتبار (١) السهول الزرق المسماة سابقًا ابحارًا (٢) سلاسل جبال وتلول وشُعَب (٣) كؤُوس جبال براكين منطفئة (٤) الوديان (٥) الشقوق

او القزز (٦) الزحلات

(١) السهول الزرق المسماة سابقًا بحورًا لزعمهم انهم مجتمعات مياه ومع ان هذا الزعم قد بطل لم تزل هذه التسمية وهي مزرقة اللون مرتفعة عن استواء سطح القمر مثل الصحاري والمفازات على سطح الارض وفي الغالب تحيطها جبال عالية وهذه اساؤها با لاشارات الدالة عليها في الخارطة

A . بحر الانواء	M . الخليج الاوسط
B . " همبولت	N . خليج الحر
C . " الزمهرير	O . بحر الغيوث
D . بحيرة الموت	P . خليج قوس قزح
E . " النوم	Q . اوقيانس العواصف
F . اجمة النوم	R . خليج الندى
G . بحر الهدو	S . بحر الغيوم
H . " الرهو	T . " الرطوبات
I . اجمة الغيوم	V . " الرحيق
K . " التائهة	X . " الخصب
L . بحر الابخرة	Z . " الجنوب

(٢) سلاسل جبال وهضاب . هي مختلفة الشكل منها طويلة ممتدّة الى طول عظيم ومنها مقلطحة يقطعها وديان وشُعَب ومنها هضاب متجمعة وفي بعض المحال جبال منفردة طالعة من السهول وكل جبال القمر اوعر على جانب واحد ما هي على الآخر مثل سلاسل الجبال على الارض وذلك دليل على انها قد ارتفعت عن استواءٍ بقوة داخلية ناهضة الصفائح وبتقلص القشرة المبرّدة عند جمودها

(٣) كؤوس البراكين . هي كثيرة جدًّا اكثر جبال القمر من هذا النوع وهي اما مرتفعة عن استواء سطح القمر واما منخفضة تحت استواء سطحهِ وفي وسط بعض الكؤوس تلول مخروطية الشكل مثل هيئة البراكين الارضية غير ان الكؤوس اكبر جدًّا من كؤوس البراكين الارضية وبعضها مثل سهول تحيطها جبال شامخة على شكل حلقة تُرَى رؤوسها المنوّرة في القسم المظلم وكثيرًا ما نشاهد الحلقة منوّرة بكاملها ووسطها ظلام حالك وتارةً تُرَى في ذلك الظلام الاوسط نقطة صغيرة نيرة هي راس المخروط المشار اليهِ صاعد من اسفل الكاس يصيبهُ نور الشمس وتلك الجبال يُرَى ظلها ممتدًّا عنها نحو القسم المظلم والظل اطول او اقصر بالنسبة الى علو الجبل وارتفاع الشمس فوق افقهِ كما نرى على الارض والهيئة الحاضرة تدل على انها تكوّنت من هيجان براكين وسكونها مرارًا عديدة على

التعاقب مع انه الآن لا اشارة الى بركان هائج في القمر

(٤) الاودية هي مثل الاودية الارضية منها كبيرة طويلة ومنها صغيرة قصيرة واقعة بين الجبال والشوامخ

(٥) اما الشقوق او الفِزَر فقد شوهد اكثر من ٥٠٠ منها وهي تقطع السهول والجبال وبعضها يختفي على جانب سلسلة ثم يظهر على الجانب الآخر كانه مر تحتها على شكل دهليز ونسبها بعضهم الى تقلص القشرة الحامية السطحية عندما بردت

(٦) اما الزحلات فهي مثل شقوق مسدودة كانه انشق سهل او جبل في وسطهِ وهبط قسم بدون ان يبعد عن شقيقهِ فتكوَّنت عتب وشوامخ كما يُرَى في الجبال الارضية ومما يحق له الاعتبار الخطوط البيض التي تُرَى في البدر خارجة مثل شعاع من عدَّة مراكز مثل الجبل المسمَّى تيخو براهي وكوبرنيكوس وكپلر وتمر على سهول وجبال ووديان وشقوق على حدٍّ سوى وقد عللوا عنها باراء كثيرة والاقرب انها شقوق في القشرة امتلأت مادة مصهورة من اسفل ثم بردت

بما ان النظارة الفلكية تقلب المرئيات فخارطة القمر مصورة منقلبة عن هيئة الخارطات الارضية اي شمالها اسفلها وجنوبها اعلاها ويمينها شرقيها ويسارها غربيها فانقسمت الى اربعة ارباع (١) ربع الشمال الغربي بين الغرب والشمال اي بين يسار الخارطة واسفلها (٢) ربع الشمال الشرقي بين اسفل الخارطة ويمينها (٣) ربع الجنوب الشرقي اي بين اعلى الخارطة ويمينها و(٤) ربع الجنوب الغربي بين اعلى الخارطة ويسارها ولنذكر هنا اشهر المواضع المعينة على الخارطة على ترتيب هذه الارباع والاعداد في المتن توافق الاعداد على الخارطة

الربع الاوَّل الشمال الغربي

بحر الانواء A هو اوَّل البقع الزرق التي تشرق عليها الشمس بعد الاقتران يُرَى جيدًا خمسة ايام بعد التوليد او ٣ ايام بعد البدر عندما يمر بهِ الحد بين القسم المنوَّر والقسم المظلم فتُرَى ظل بعض جبالهِ على جانب الشمال الشرقي علو بعضها نحو ١٧٠٠٠ قدم وهذه البقعة طولها شرقًا وغربًا ٣٤٥ ميلاً ومن الشمال الى الجنوب نحو ٢٨٠ ميلاً . سطحها منخفض تحت مساواة سطح بحر الخصب وبحر الهدو وفي السهل عدة براكين صغار اكبرها (٤) بيكارد . والى الشمال من هذا السهل

(١٢) كليوميدس سهل محاط بجبال قطرهُ ٧٨ ميلاً

(٣٢) غَوص سهل محاط بجبال طوله ١١٠ اميال في وسطهِ جبل عالٍ

(٣٧) اندميون سهل محاط بجبال قطرهُ ٧٨ ميلاً وعلو بعض الجبال المحيطة بهِ ١٥٠٠٠ قدم . يُرَى جيدًا ٣ ايام و٧ ساعات بعد الاقتران او يومين و٩ ساعات بعد الاستقبال

(٣٨) اطلس عرضهُ ٥٥ ميلاً علو بعض رؤوسهِ ١١٠٠٠ قدم

(٣٩) هركولس او هرقلس عرضهُ ٤٦ ميلاً هذا الزوج يُرَى خمسة او ستة ايام بعد الاقتران او ١/٢ ٣ ايام بعد الاستقبال

بحر همبولدت (B) مساحتهُ نحو نصف مساحة بحر الانواء وعلو بعض الرؤوس على محيطهِ ١٦٠٠٠ قدم

(٥١) جبل طوروس سلسلة عالية فيها

(٥٣) ريومركاس بركان عرضهُ ٣٦ ميلاً وعمقهُ ١١٦٠٠ قدم

(٥٤) پوسيدونيوس سهل محاط بجبال عرضهُ ٦٣ ميلاً

(٥٨) جبل ارجيوس سلسلة قصيرة لها ظل مخروطي عند الشروق لاسيما عند شاهق في وجههِ الشمالي الشرقي. يُرَى ٤ ايام ٢١ ساعة بعد الاقتران

(٥٩) مكروبيوس عرضهُ ٥٣ ميلاً منخفض نحو ١٣٠٠٠ قدم

(٦٠) پروكلوس ذو حلقة انور نقط القمر الا (١٤٨) تتفرع منهُ خطوط لامعة رؤيتها عسرة

(٦١) افلينيوس حلقة قطرها ٣٢ ميلاً فيها هضاب كثيرة

(٧٠) منيلاوس كاس عمقهُ ٦٦٠٠ قدم حلقتهُ نيرة جدًّا في البدر

(٧٤) لِنّي اولناوس كاس صغير عميق يقتضي رصدهُ لزعم البعض انهم شاهدوا فيهِ دلائل تغيُّر من وقت الى وقت

(٧٥) جبل قاف سلسلة ذات رؤوس علو بعضها ١٨٠٠٠ او ١٩٠٠٠ قدم ظلولها حسنة المنظر وكؤوس في مجاوريتها نادرة

(٧٧) اڤدوكسوس و (٧٨) ارسطاليس زوج حسن لا يُرَآن في البدر

(٨٠) جبال الپا سلسلة طويلة علو بعض رؤوسها ١٤٠٠٠ قدم يخرقها وادٍ مخروطي الشكل طولهُ ٨٣ ميلاً عرضهُ بين ١/٢ ٣ و ٣/٤ ٥ اميال علو جوانبهِ ١١٠٠٠ قدم وبقرب هذا الوادي مساحة كثيرة الهضاب والتلول عد منها بير ومبدلر ما بين ٧٠٠ و ٨٠٠

(٨٣) ارستلُس كاس عرضهُ ٣٤ ميلاً وعمقهُ ١١٠٠٠ قدم في وسطهِ جبل

(٨٤) اڤتوليكس مثل (٨٣) او اصغر منهُ قليلاً

(٨٥) جبال اپنين سلسلة طولها نحو ٤٦٠ ميلاً جانبها الجنوبي الغربي يرتفع تدريجًا وجانبها الشمالي الشرقي يهبط بغتةً فيرمي ظلاً طولهُ ٨٣ ميلاً واعلى رؤوسها (٩٠)

(٩٠) هيوجنس ارتفاعهُ ١٩٠٠٠ قدم وفيهِ عدَّة رؤوس منها (٨٧) هادلي ارتفاعهُ

١٥٠٠٠ قدم و(٨٩) برادلي ١٣٠٠٠ قدم و(٩٢) ولف ١١٠٠٠ قدم يُرَى نحو الربع الأوّل

(٩٣) هيجينوس فيهِ شق عميق سُمّي شق هيجينوس واقع في بحر الابخرة (L) طولهُ نحو ١٠٦ اميال . حكي بعضهم باختلاف الوان في ذلك القسم من وقت الى وقت والى غربهِ شق ارباديوس طولهُ نحو ١٧٥ ميلاً

(٩٥) منليوس كاس قطرهُ ٣٥ ميلاً عمقهُ ٧٧٠٠ حلقتهُ ذات رؤُوس كثيرة نيرة

(٩٦) يوليوس قيصر (٩٨) بسكوفتش عميقان مظلمان

(٩٩) دبونيسيوس (١٠١) سِلبرشلاغ حلقتان نيرتان

(١٠٤) ريتيكوس كاس غير منتظم واقع على خط القمر الاستوائي تماماً وهو على الطرف الجنوبي الغربي من الخليج الاوسط (M) فقد تكون الشمس والقمر في سمت الراس لهُ

الربع الثاني ربع الشمال الشرقي

(١٠٦) شريوتر كاس حلقتهُ غير تامة وهو في قسم سهولهُ نيرة واوديتهُ مزرقة

(١١٠) ارانوستنس عرضهُ ٣٧ ميلاً

(١١١) ستاديوس عرضهُ ٤٣ ميلاً تصل بينهما سلسلة ارتفاعها ٤٥٠٠ قدم

(١١٣) كوبرنيكوس كاس من اكبر كؤُوس القمر عرضهُ ٥٦ ميلاً في وسطهِ جبل علوهُ ٢٤٠٠ قدم وعلى حلقتهِ رؤُوس علو بعضها ١٢٥٠٠ قدم وبين (١١٠) و(١١٣) ٦١ كاساً صغيراً واضحة وبعضهم قد عد فيهِ ٣٠٠ كاسٍ . ينبغي ان يفتش عليها والشمس مشرقة على الجانب الشرقي من (١١٣)

(١١٧) طوبيا ماير كاس عمقهُ ٩٧٠٠ قدم

(١١٨) مليخيوس نير في البدر

(١٣٠) ارخميذس سهل محاط بجبال قطرهُ ٦٠ ميلاً ارضهُ منخفضة ٦٥٠ قدماً

(١٣٢) افلاطون سهل ازرق محاط بجبال عرضهُ نحو ٦٠ ميلاً على الجانب الشمالي من بحر الغيوث (O) حكي بعضهم بتغير لون ارضهِ من وقت الى وقت

خليج قوس قزح P هو نصف دائرة سهل محاط برؤُوس شامخة مادة الى السهل بينها نحو ١٤٠ ميلاً ومن اعلى رؤُوسهِ

(١٣٩) شارپ ارتفاعهُ ١٥٠٠٠ قدم

(١٤٤) كبلر قطرهُ نحو ٢٢ ميلاً منخفض نحو ١٠٠٠٠ قدم تتفرّع منهُ خطوط مثل كوبرنيكوس

(١٤٨) ارسترخوس انوَر كؤوس القمر قطرَ حلقتهِ ٢٨ ميلاً وارتفاعهُ على الجانب الغربي ٧٥٠٠ قدم . جهة الشرق بحدر الى ان يصير بقعة موصلة بينهُ وبين

(١٤٩) هيرودوتوس كاس اصغر واوعر منهُ

(٤٩٠) ٤٥ ميلاً الى غربي شمال الغرب عن هيرودوتوس عدة جبال صغار يصيبها النور نحو ٣ ايام بعد الربع الاوَّل فتبشر بقرب النور الى الجبلين المذكورين فسُمّيت جبال البشارة

(١٥٤) هيفيليوس سهل محاط بجبال قطرهُ نحو ٧٠ ميلاً

(١٦٨) انكساغوروس عرضهُ ٣١ ميلاً وهو مركز خطوط

(١٧٦) فيثاغوروس سهل عميق منخفض على جانب الجنوب الشرقي منهُ نحو ١٧٠٠٠ قدم

الربع الثالث ربع الجنوب الشرقي

(١٨٠) تيخو براهي اوضح كؤوس القمر يُرَى في البدر بالنظر المجرَّد قطرهُ ٥٤ ميلاً وعمقهُ نحو ١٦٦٠٠ قدم والمخروط في وسطهِ ارتفاعهُ ٥٠٠٠ قدم يُرَى بقرب الحد يومًا او يومين بعد الربع الاوَّل وفي جوارهِ كؤوس وهضاب كثيرة صغار وهو مركز خطوط كثيرة تتفرع منهُ مثل شعاع

(١٨٧) هسيودوس في شرقيهِ شق في بحر الغيوم (S)

(١٨٩) شيخوس كاس في سهل مرتفع منخفض ٩٠٠٠ قدم عما حولهُ . يظن انهُ قد تغيَّر بفعل بركاني منذ سنة ١٧٩٣

(١٩٣) لونجومنتانوس حلقة قطرها ٩٠ ميلاً عميقة وعلى حائطهِ الغربي راس ارتفاعهُ ١٥٠٠٠ قدم تقريبًا

(١٩٣) كلافيوس من اكبر كؤوس القمر عرضهُ ١٤٢ ميلاً يحيطهُ رؤوس يبلغ علو بعضها ١٧٠٠٠ قدم وعلى هذه الحلقة نحو ٩٠ كاسًا واسفلهُ منخفض ٢٢٠٠٠ قدم اذا قيس من الراس المذكور

(١٩٥) ماجينوس منخفض ١٤٠٠٠ قدم يُرَى بعد الربع الاوَّل قليلاً ولا يُرَى في البدر مطلقًا

(١٩٨) نصير الدين يُرَى بقرب الربع الاوَّل ومنهُ الى الشمال سلسلة كؤوس هاجرة القمر الاولى وهي

(٢٠٠) ولتيروس ذو رؤوس عالية على محيطهِ

(٢٠٣) بورباخ عمقهُ نحو ٧٥٠٠ قدم

(٢٠٤) ثابت عرضهُ ٣٢ ميلاً والى الشرق منهُ ما يشبه حائط مبني سُمّي الحائط الجالس

على طرفهِ الشمالي كاس صغير وطرفهُ الجنوبي فروع مثل قرني غزال . يُرَى يومًا او يومين بعد الربع الاوَّل

(٢٠٤) ارزاخل عرضهُ ٦٥ ميلاً وعلو راس منهُ ١٢٦٠٠ قدم

(٢٠٥) البتراجيوس عمقهُ على الجانب الغربي ١٢٠٠٠ قدم فلا يخلو من ظل غير خمسة اوستة ايام كل شهر

(٢٠٧) الفنسوس عرضهُ ٨٢ ميلاً وفي وسطهِ راس ارتفاعهُ ٣٩٠٠ قدم

(٢٠٨) بطليموس عرضهُ ١١٥ ميلاً ارتفاع بعض محيطهِ ١٢٨٠٠ قدم وفي وسطهِ نحو ٤٦ كاسًا

(٢١٢) بليالدس عرضهُ ٣٨ ميلاً عمقهُ ٩٠٠٠ قدم وهو في وسط عدَّة كؤُوس اصغر منهُ

(٢٣١) اقليدس واحد من الكؤُوس التسعة المحاطة بمادة منوَّرة اربعة منها بقرب

(٢٣٢) لاند سبرج قطر حلقتهِ ٢٨ ميلاً وارتفاع بعض رؤُوسهِ ٩٧٠٠ قدم

(٢٣٣) كاسندي سهل محاط بجبال عرضهُ ٥٥ ميلاً وبعض رؤُوسهِ مرتفع ٩٦٠٠ قدم فوق استواءِ بحر الرطوبات T

(٢٣٩) شِكارد سهل كبير محيطهُ نحو ٤٦٠ ميلاً يُرَى ٥ او٦ ايام بعد الربع الاوَّل

(٢٤٦) جبال دورفل تُرَى بقرب حافة القمر ارتفاعها بين ٢٥٠٠٠ و٢٦٠٠٠ قدم

(٢٥٦) نيوتون كاس غير منتظم طولهُ نحو ١٤٣ ميلاً وعرضهُ ٧٠ ميلاً وهو اعمق الكؤُوس وارتفاع اعلى رؤُوسهِ فوق اسفل الكاس ٢٣٩٠٠ قدم

(٢٥٩) جبال ليبنتز على حافة القمر الجنوبي

(٢٧٣) كرمالدي الجنوبي من سلسلة كؤُوس بقرب الماجرة الاولى طولهُ ١٤٧ ميلاً وعرضهُ ١٢٩ ميلاً اظلم كؤُوس القمر من داخل

(٢٧٤) جبال كردلرس

(٢٧٥) جبال دي لامبرت سلسلتان معدل ارتفاعها ٣٠٠٠٠ قدم

الربع الرابع ربع الجنوب الغربي

(٢٨٨) هپارخوس عرضهُ ٩٣ ميلاً

(٢٨٩) البتاني سهل محاط بجبال عرضهُ ٦٤ ميلاً والجبال المحيطة عرضها بين ١٤ و١٨ ميلاً هيئتها كانها قد تحطمت بتفرقعات بركانية وفي الشمال الشرقي منهُ راس ارتفاعهُ ١٥٠٠٠ قدم

يُرَى نحو ١٠ ساعات قبل الربع الأوّل

(٢٩٥) ورنر ارتفاع حلقتهِ ١٢٠٠٠ قدم وفي شرقيهِ راس ارتفاعهُ ١٦٥٠٠ قدم

(٣٠٥) ابو الفداء نسبةً الى ابي الفداء الحموي

(٣٠٦) والمانون متصلان بسلسلة كؤُوس صغار

(٣١٠) ابن عزرا منخفض ١٤٥٠٠ قدم

(٣١٥) جبال التاي سلسلة طويلة ارتفاعها نحو ١٢٠٠٠ قدم

(٣١٩) ثاوفيلس قطرهُ ٦٤ ميلاً وهو اعمق الكؤُوس بين اعلى حلقتهِ واستواء ارضهِ ما بين ١٤٠٠٠ و ١٨٠٠٠ قدم وارتفاع المخروط في وسطهِ ٥٢٠٠ قدم

(٣٢٠) كيرلس يشبه ثاوفيلس

(٣٢١) كاترينا اكبر الثلاثة عمقهُ ١٦٠٠٠ قدم تُرَى هذه السلسلة نحو ٥ ايام بعد الاقتران

(٣٢٧) مسّيهِر كاسان صغيران يمتد منهما شرقًا خطان غريبا الهيئة مثل ذنب نجم ذي ذنب

(٣٣١) جبال برنات ارتفاعها ١٣٠٠٠ قدم

(٣٣٧) بوردا راس من رؤُوسهِ يرتفع دفعة واحدة ١١٠٠٠ قدم

(٣٣٨) لانكرينوس ارتفاع حلقتهِ ٩٦٠٠ قدم والجنوب الشرقي يبلغ ١٥٠٠٠ قدم وارتفاع جبلهِ الاوسط ٨٠٠٠ قدم

(٣٣٩) فندلينوس اصغر من (٣٣٨) قليلاً

(٣٤٠) بتافيوس ارتفاع محيطهِ على الجانب الشرقي ١١٠٠٠ قدم

(٣٤٥) فورنيرنوس الى الجنوب من (٣٤٠)

(٣٤٧) كاستنر. الى الشمال الغربي منهُ اذا وافق التقابل يُرَى سهل وسيع بقرب حافة القمر وهو

(٤٣٤) بحر سميث نسبة الى الاديرال سميث واحد من فحول علماء الهيئة

(٣٥٣) جبال ولهلم همبولدت على حافة القمر ارتفاعها ١٦٠٠٠ قدم

(٣٥٨) ماوروليكوس سهل محاط بجبال ارتفاع بعضها ١٨٠٠٠ قدم يُرَى بقرب الربع الأوّل

(٣٧١) بيكولوميني قطر حلقتهِ ٥٧ ميلاً

(٣٧٥) ريخنباغ الى الشرق منهُ (٣٧٣) نياندر

(٢٧٦) رهَيْنا بينها وادٍ عظيم

(٢٧٧) فراونهوفر على جانبهِ الغربي وادٍ عرضهُ ٧ اميال وطولهُ نحو ٢١٢ ميلاً

(٢٨٥) سنيهيل من اعمق الحلقات المزدوجة عمقهُ ١٢٠٠٠ قدم

ولا يسعنا المقام ذكر كل ما قد تعين من جبال وكؤوس وسلاسل ووديان في قمرنا

(٣٢٠) حرارة القمر. القمر يرسل من حرارتهِ نحو الارض على طريقتين (١) بالانعكاس اي تنعكس عنهُ شعاع الشمس (٢) بالاشعاع اي يحمى القمر تحت حرارة الشمس ثم تُشع منهُ حرارة كما من جرم آخر والتمييز بين هذين النوعين سهل لان الحرارة المنعكسة كيفيتها كيفية الحرارة الشمسية فتنفذ في نفس المواد التي تنفذ فيها حرارة الشمس اي الزجاج والهواء الرطب الخ المانعة نفوذ حرارة دون حرارة الشمس درجةً وبعد امتحانات شتى بواسطة ثرموبيل ملوني تحقق ان الحرارة الواصلة الى الارض من القمر شيء زهيد جدًّا لا يستحق الذكر وقد حسبها بعضهم تعدل حرارة شمعة على بعد ٧ ½ اقدام وهي حرارة منعكسة

اما الحرارة التي تنالها القمر من الشمس في مدة ١٥ يومًا فتبلغ نحو ٥٠٠° فارنهيت وما لا يمصها القمر بل يعكسها نحو الارض تمصهُ الكرة الهوائية حتى لا ينتهي منها الى الارض الاَّ ما تقدم ذكرهُ

خط القمر الاستوائي مائل على دائرة البروج ½ ١° كما تقدم فلا يكون في القمر فصول ومن بطوء حركتهِ على محورهِ يطول النهار والليل فيشتد الحر والبرد جدًّا

(٣٢١) رؤْية الارض من القمر. رؤْية جرم هي بالنسبة الى قطرهِ فرؤْية الارض من القمر ¾ ٣ مرات رؤْية القمر من الارض والمساحة ١٢ مرة مساحة القمر منظورًا اليهِ من الارض ومن شكل ٧٧ يتضح ايضًا ان الارض عند القمر ينتقل من هلال الى بدر ومن بدر الى هلال فمتى كان القمر في الاقتران يكون نصف الارض المنوَّر بالشمس متجهًا نحو القمر فيُرَى بدرًا ومتى كان القمر في الاستقبال تكون الارض في المحاق

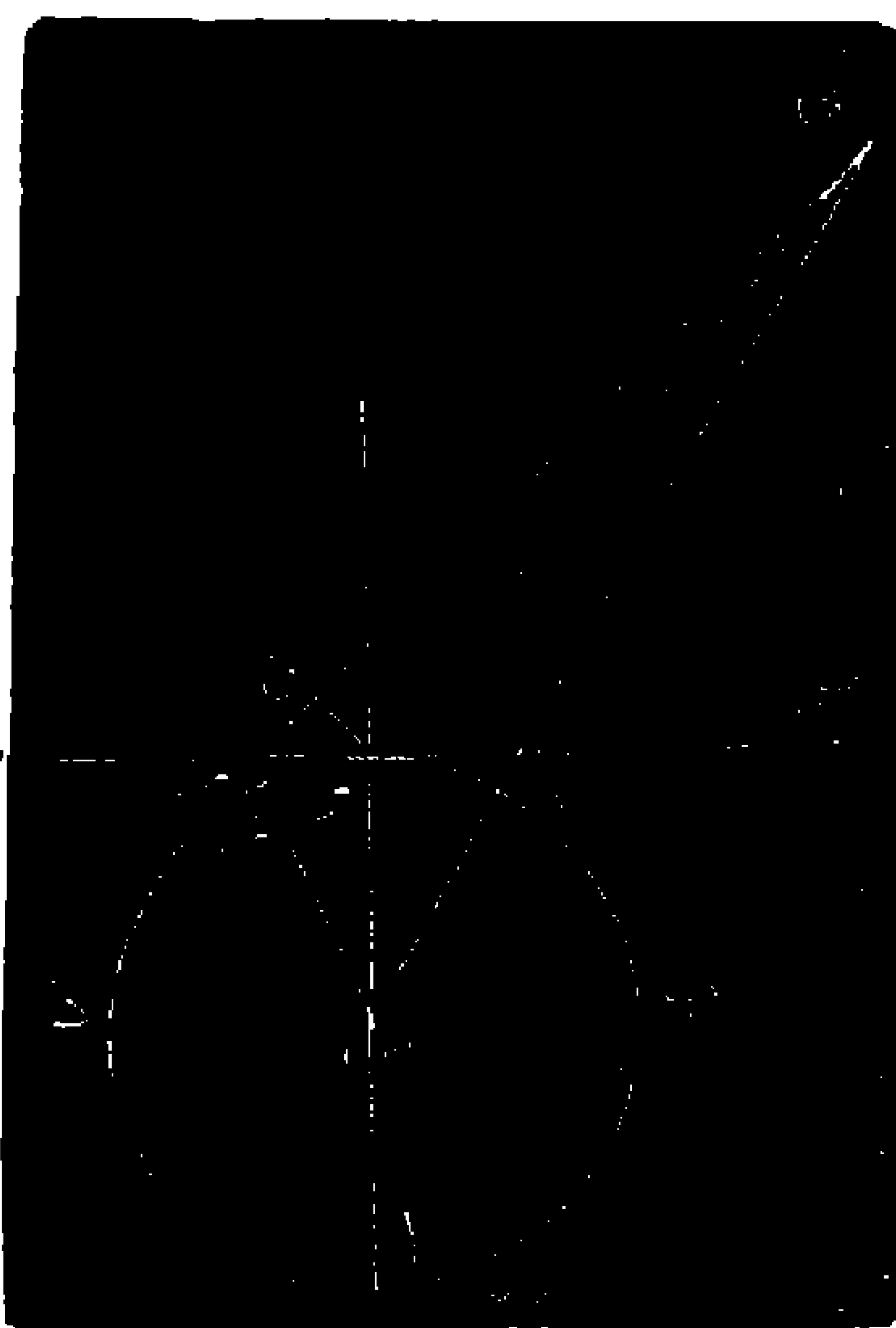
احيانًا يُرَى القسم المظلم من القمر وهو هلال رؤْية غير واضحة وذلك من انعكاس النور عن الارض اليهِ وهذا ايضًا مع الانكسار سبب رؤْية القمر في الخسوف رؤْية غير واضحة

الارض منظورًا اليها من القمر ليست لها حركة يومية من طلوع وغياب مثل سائر الاجرام السماوية بل تبقى في محل واحدٍ من السماء وذلك لان حركة القمر حول الارض ودورانهُ على محورهِ لها مدة واحدة فالناظر من وسط قرص القمر يرَى الارض في سمت الراس ابدًا والناظر على حافة قرص القمر يرَى الارض في افقهِ ابدًا غير ان التمايل يغير وضعها قليلاً

يُرَى كل سطح الارض من القمر مرة كل ٢٥ ساعة في النصف المتجه نحو الارض اما النصف

الآخر فلا تُرى منهُ الارض مطلقًا وكرة الهواء العالية والابخرة والغيوم تمنع روية الاشباح على سطح الارض من القمر بوضوح وان كانت كبيرة او تحجبها تمامًا

(٢١٩) اما قياس ارتفاع جبال القمر فيتضح من شكل ٨٢

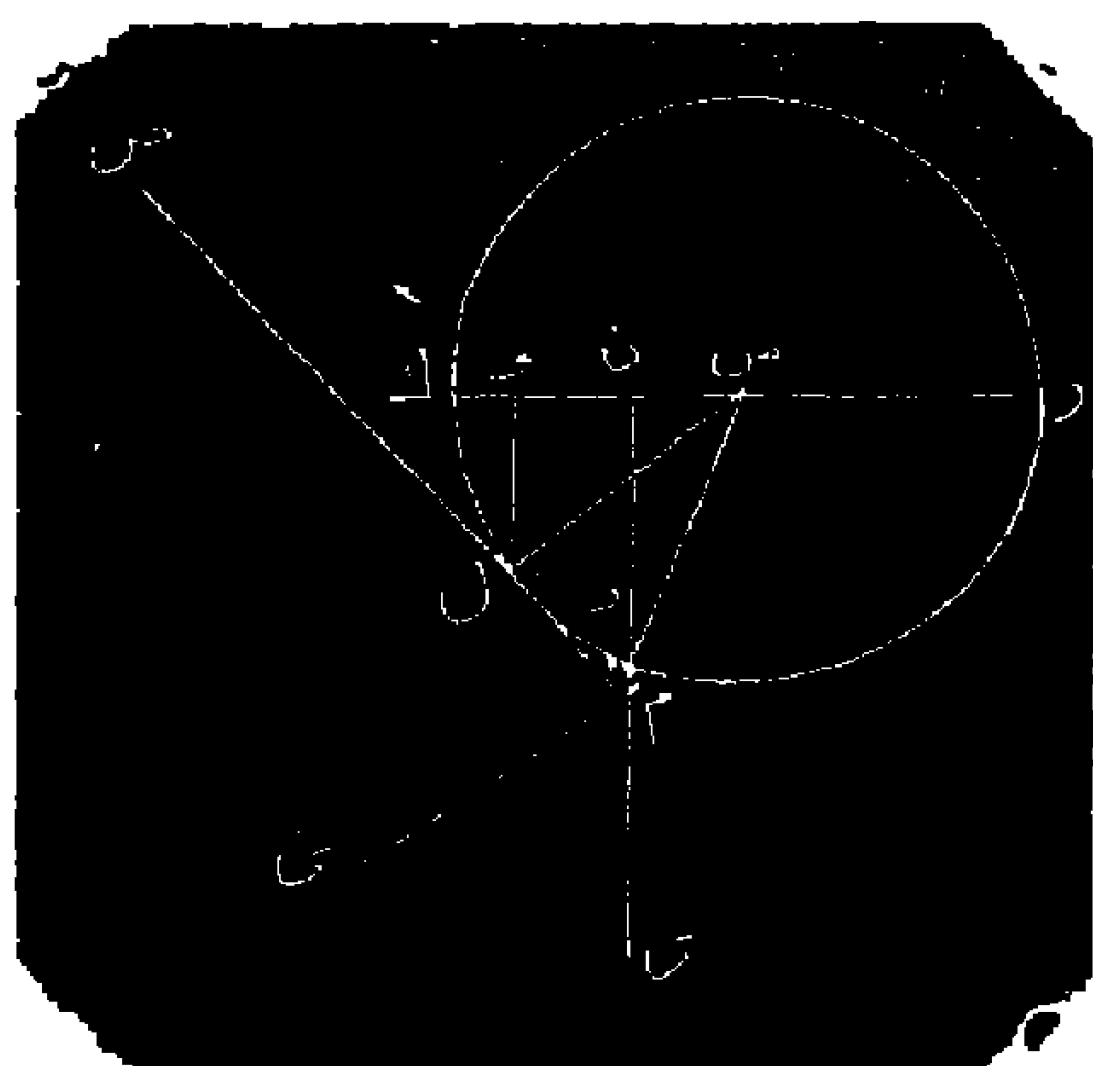


شكل ٨٢

ليمر نور الشمس ماسًا لسطح القمر عند و وليقع على راس جبل في الجزء المظلم ف م فالناظر على الارض عند ي يرى م نقطة منورة في الجزء المظلم بعيدة قليلاً عن الحدّ المنوّر ثم بواسطة مكرومتر يقيس الزاوية وي م التي يقابلها الضلع وم اما الزاوية ص م ي فهي الزاوية الواقعة بين خطٍ من الناظر الى القمر وآخر الى الشمس وهي تعدل تباين القمر وي م اي بعد القمر معروف فيستعلم وم فلنا زاوية قائمة م و س والخطان وم و و س اي نصف قطر القمر فيُستعلَم س م . اطرح منهُ و س او س ف يبقى ف م

س م = $\sqrt{\text{س و}^2 + \text{و م}^2}$ اطرح س ف اي $\frac{1}{2}$ ق القمر فيبقى ف م علو الجبل

هذه الطريقة تصلح اذا كان القمر في التربيع ولا تصلح في وقت آخر ولاجل استعلام الارتفاع في اي وقت كان لنا هذه الطريقة العامّة

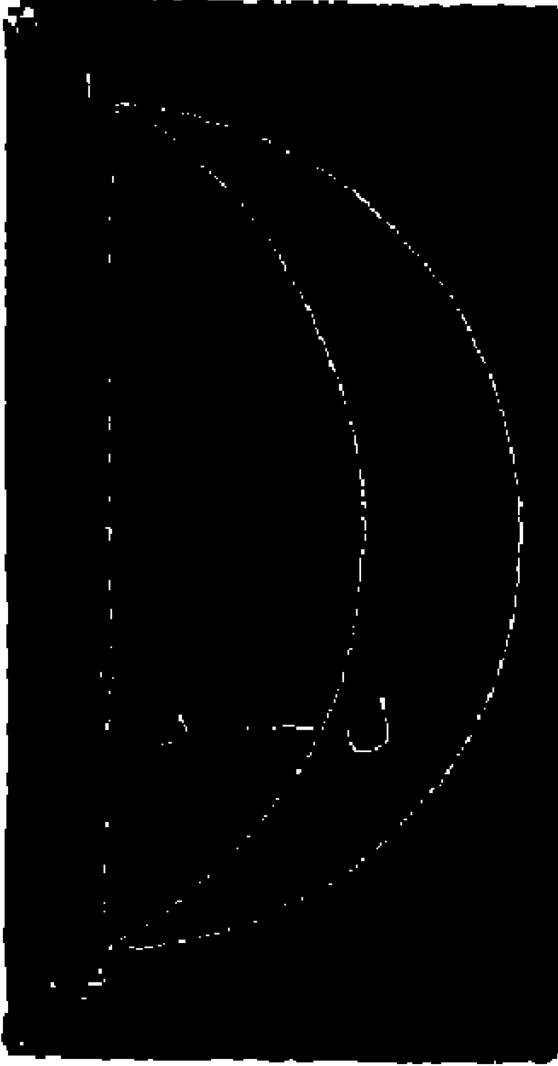


شكل ٨٣

ليكن ي (شكل ٨٣) موقع الارض . ارسم ي م ن عمودًا على $\frac{1}{2}$ ق القمر ك س وارسم ل و عمودًا على $\frac{1}{2}$ ق القمر ايضًا وارسم ل ر بوازي و ن وم يَ عمودًا على ص م وهو طريق نور الشمس كما في الشكل السابق . فيُرى ل م على طوله الحقيقي اذا نُظِر اليهِ والقمر في التربيع اي والارض عند يَ مثلاً واذا نُظِر اليهِ من ي يُرى على طول ل ر . بما ان السطح المار في ص م ي م هو عمودي على خط موصل بين القرنين فتُحسَب الدائرة ك ل د قطع القمر عموديًا على ذلك السطح

الامر واضح ان الزاوية ص ل و او ل س ك = تباين القمر عن الشمس وبما ان المثلثين ل ر م ل س و متشابهان لنا ل و : ل س :: ل ر : ل م = $\frac{\text{ل س} \times \text{ل ر}}{\text{ل و}}$ = ل ر مقسومًا على جيب التباين على افتراض $\frac{1}{2}$ ق واحدًا فنستعلم س م كما تقدم

مثال ذلك. لاجل قياس ل ر (شكل ٨٤) اجعل شعرة المكرومتر غير المتحركة توازي اب وحرّك الشعرة الاخرى من ل الى ر فيقاس بذلك رل اوارصد موضعاً بقرب ل على استقامة الخط ل ر وبهِ اضبط شعرة المكرومتر المتمكنة اواجعل شعرة المكرومتر الافقية على ل ر فلك وضع المكرومتر لتقيس بهِ ل ر كالعادة



شكل ٨٤

بالرصد وُجِد ل م او ل ر ٦٣٥ً ٤٠ً لجبل في ربع الجنوب الشرقي والتباين ١٢٥° ٨′ و½ ق القمر ١٦′ ٦ً ٣ً مطلوب علو الجبل

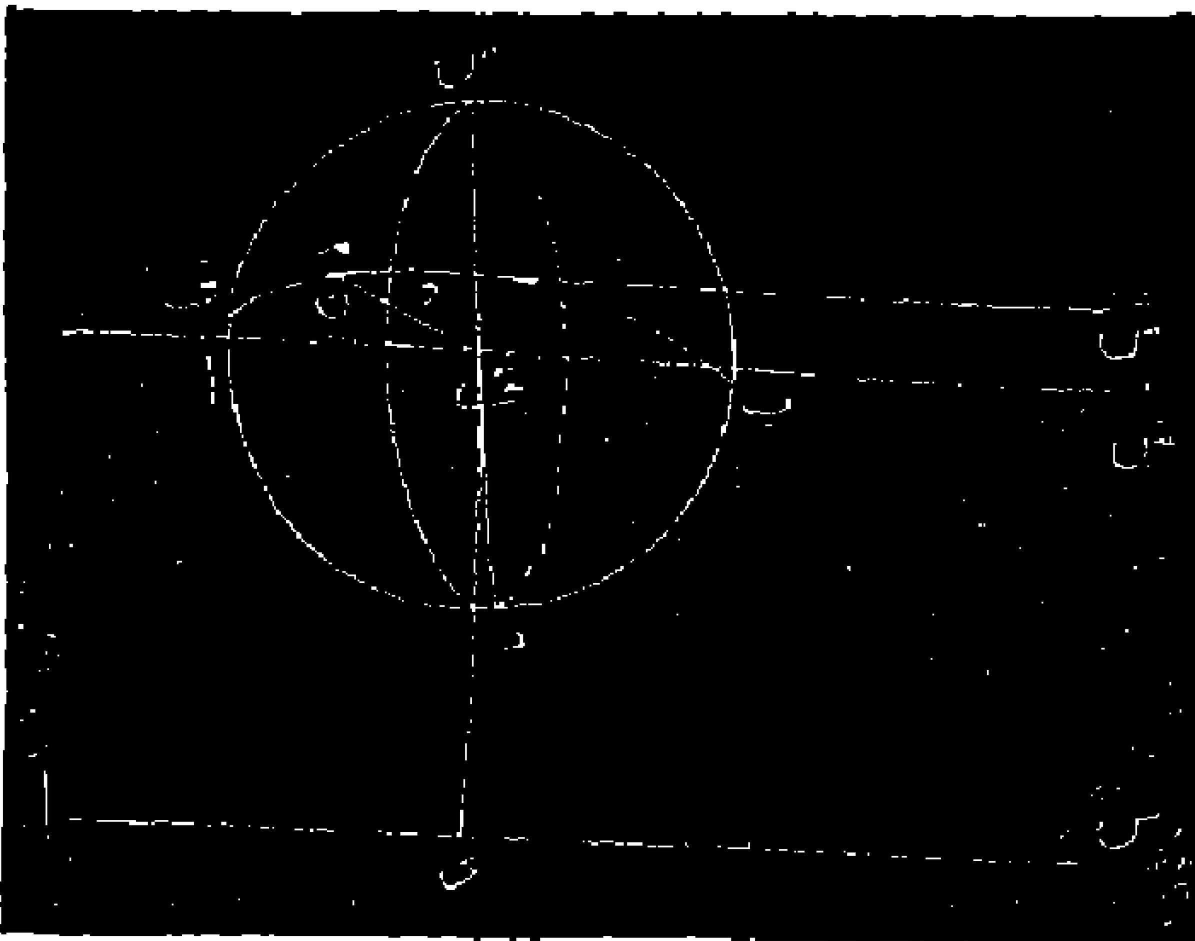
جيب ١٢٥° ٨′ = ٨١٧٨١٥١ فاقسم ٦٣٥ً ٤٠ً على ٨١٧٨١٥١ = ٤٥ً ٤٨ً الزاوية التي تقابلها ل م لو نظرنا اليهِ عمودياً فلنا ½ ق القمر اي ١٦′ ٦ً ٣ً : ٤٥ً ٤٨ً :: ١٠٨٠ً ٥٠ ميلاً (اي اميال في ½ ق القمر) : ل م = ٣٨ً ٥٤ ميلاً

ثم $\sqrt{}$ ١٠٨٠ً ٥٠^٢ + ٣٨ً ٥٤^٢ = س م = ١٠٨١ً ٨٦

اطرح ١٠٨٠ً ٥٠

ف م = ١ً ٣٦ ميل

طريقة اخرى. ليكن (شكل ٨٥) ق مركز القمر ي مركز الارض ش مركز الشمس واس ب د قطع القمر قطعاً عمودياً على ي ق وليكن د وس قطعاً آخر عمودياً على ق ش فيكون القسم من القمر المنوَّر المنظور من الارض القسم الواقع بين س ب د و ملقى د وس على القطع ا س ب د. وليكن م راس جبل اصابتهُ شعاع الشمس الماسة السطح عند و وب وف قوس دائرة عظيمة على السطح سطحها مار براس الجبل ومركز القمر ومركز الشمس و ن نقطة تقاطع هذه القوس والخط ق م من راس الجبل الى مركز القمر ثم لنفرض



شكل ٨٥

½ق = ق ن = نصف قطر القمر

ب = ف س و = ي ق ا = زاوية التباين الخارجية

ي = و م = بعد م عن و

ك = ن م = ارتفاع الجبل

ل = ملقى ي على سطح ا س ب د

الشعة شَ و م عمودية على القطع د و س فهي مائلة على القطع ا س ب د وميلها = متم ف س و = ٩٠° — ب

ل = ي X ن ج (٩٠° — ب) = ي X ج ب

اي ي = ل / ج ب

وايضاً ي = √ ك (٢ ½ ق + ك)

بالمساواة √ ك (٢ ½ ق + ك) = ل / ج ب

وبترك ك لصغره بالنسبة الى ٢ ½ ق

ك = ل² / ٢ ½ ق X ١ / ج² ب = ل² / ٢ ½ ق X ن قاطع² ب (٥٢)

يقاس ل بالمكرومتراي بعد راس الجبل عن الحد المنوّر

يبلغ ارتفاع بعض جبال القمر ٢٣٠٠٠ قدم

(٢٣٠) القمر خالٍ من كرة هوائية ومن ماء ومن بخار الماء كما يتضح من عدم انحراف نجم من موضعهِ الحقيقي بالانكسار اذا اختفى وراء القمر كما يحدث مراراً كثيرة



شكل ٨٦

ليكن ا ب (شكل ٨٦) حد سطح القمر و س د حد كرة الهواء المحيطة بهِ فحسب قواعد النور تنحرف الشعاع الآتية من نجم عند ن نحو العمودي والناظر عند ي يرى النجم الى جهة ي نَ فيكون قد اختفى وراء القمر ولا يزال ظاهراً وعند خروجهِ من وراء القمر على الجانب الآخر يكون قد خرج بالظاهر وهو بالحقيقة باقٍ خلفهُ فيقتصر بذلك مدة الاختفاء عما يجب باعتبار قطر القمر فضلاً عن تخفيف نورهِ عند مرور الشعاع منهُ في الكرة الهوائية ولا يحدث شيء من ذلك مطلقاً

لو كان للقمر هواء كثافتهُ مثل كثافة هوائنا على مساواة سطح البحر لما اختفى النجم مطلقاً لانهُ كما رأينا سابقاً الشمس في الافق ترفع بالانكسار ٣٤′ وقطرها ٣١′ و ½ ق القمر ١٦′ فكان النجم ينحرف ٣٤′ عند احتجابهِ و ٣٤′ عند خروجهِ اي ٦٨′ فكان يظهر مثل حلقة نيرة حول قرص القمر

المظلم . ويتضح ذلك بتغطية بلورة نظارة الآحلقة منها ونزع القطعة العينية ثم اذا توجهت الى نجم وأُمِرَّت عليهِ تدريجًا يصير نورهُ اولاً قوسًا ثم حلقة تامة

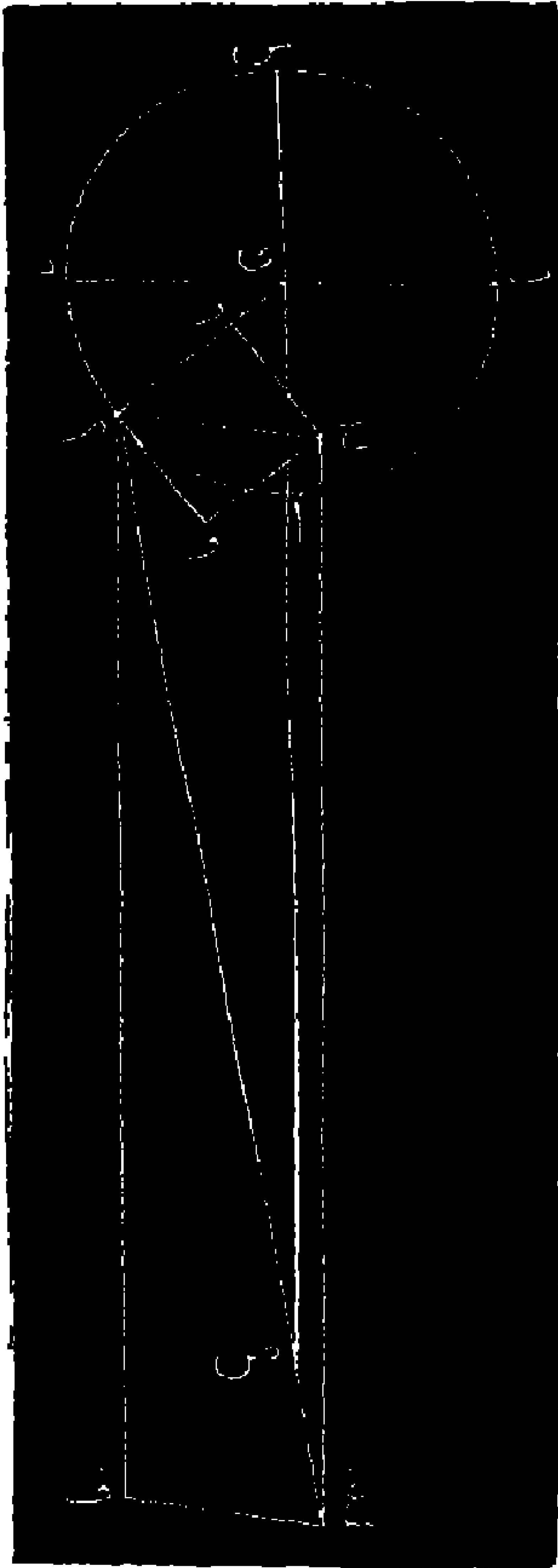
الفصل السادس

في اضطراب حركات القمر

(٢٢١) فلك القمر ليس دائرة حقيقية ولحركاتهِ اضطرابات كثيرة يقتضي معرفتها لكي نستطيع ان نحسب موقع القمر في وقت مفروض ولا يسعنا المقام تفصيل كلها بل نذكر اعظمها فقط

(٢٢٢) من علل هذه الاضطرابات جاذبية الشمس فلو كانت الشمس ابعد كثيرًا مما هي عن الارض والقمر لفعلت بالقمر والارض على التساوي ولم يحصل منها اضطراب وبما انها ٤٠٠ مرة ابعد من بعد القمر فلجاذبيتها فعلٌ ظاهر بتغيير حركة القمر

فمتى كان القمر بالاقتران تزيد جاذبية الشمس لهُ على جاذبية الارض لهُ على نسبة $٤٠٠^٢ : ٣٩٩^٢$ فيقل عطف القمر نحو الارض ومتى كان القمر في الاستقبال تجذب الشمس الارض اكثر مما تجذب القمر على هذه النسبة نفسها فيخف عطف القمر نحو الارض ايضًا ومتى كان القمر في التربيع تجذبهُ الشمس على خطٍ مائل قليلاً على خط جاذبية الارض لهُ فاذا انحلت قوَّة جاذبيتها يُرى ان بعضها فاعل لزيادة عطف القمر نحو الارض . وقد حُسِب التقليل عند الاقتران والاستقبال $\frac{١}{٩٠}$ من الكل والزيادة عند التربيع $\frac{١}{١٨٠}$ من الكل وفضلها $\frac{١}{٣٦٠}$ اي عطف القمر نحو الارض يقل بجاذبية الشمس لهُ $\frac{١}{٣٦٠}$ من كلهِ فيدور في فلك اوسع مما كان لولا ذلك



شكل ٨٧

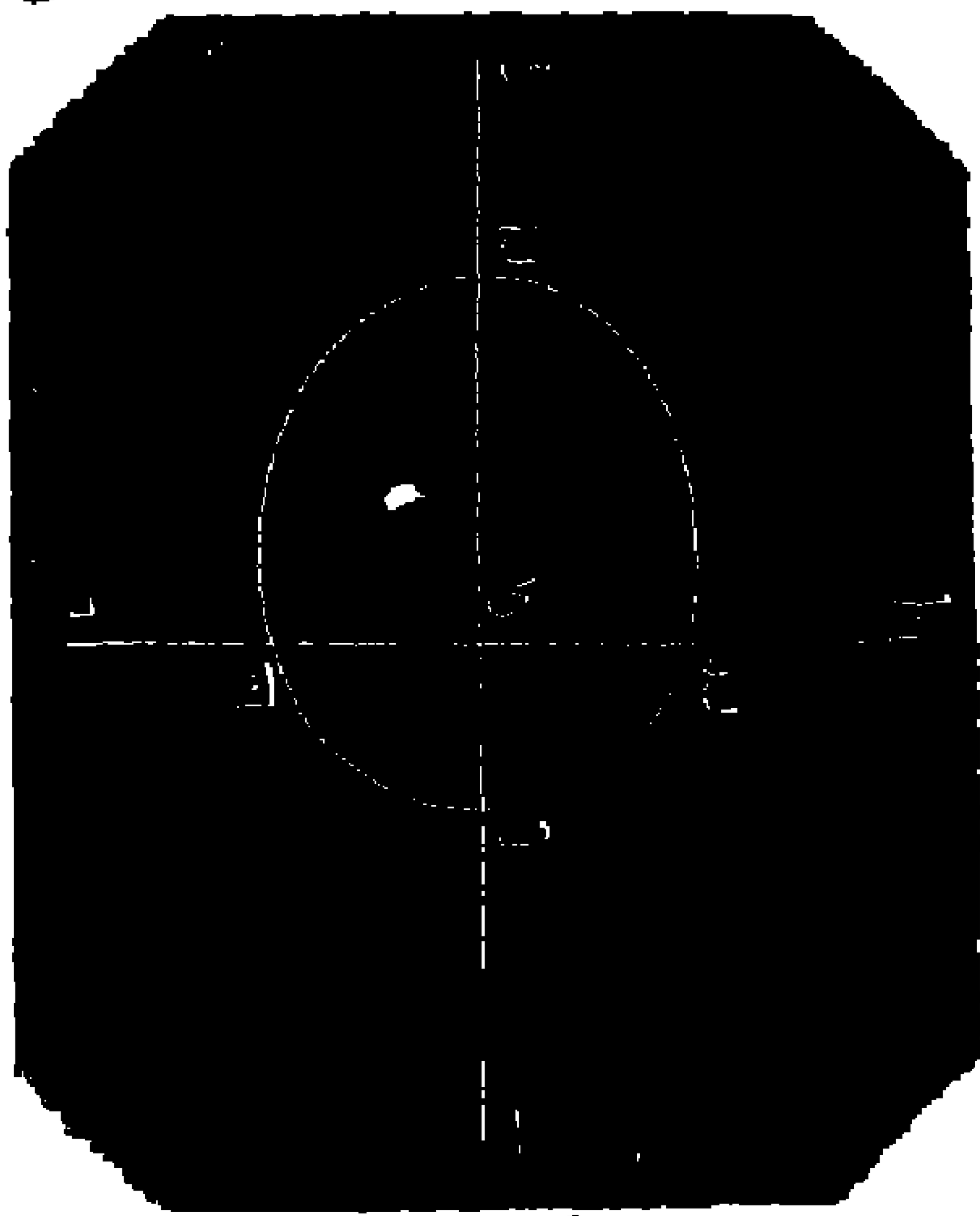
(٢٢٣) ليكن ا ب س د (شكل ٨٧) فلك القمر و ي الارض ولتكن الشمس عند ض والقمر عند م وليكن ي ض مناسبًا لجاذبية الشمس للارض ثم حسب فلسفة ض $م^٢$: ض $ي^٢$ :: ض ي : $\frac{ض ي^٢}{ض م^٢}$ = جاذبية الشمس على م الى جهة م ض . اجعل

م غ = $\frac{ض ي^٢}{ض م^٢}$ وارسم م ف يعدل ي ض ويوازيه وتم الشكل م ف غ ح وحل قوّة م غ الى م ف م ح ثم بحيث ان القسم م ف = ي ض ويوازيه اي يعدل جاذبية الشمس للارض وهما الى جهة واحدة فلا اضطرابٌ منهُ اما القوّة المغيرة حركة م وي بنسبة احدهما الى الآخر فهي القسم م ح وهذا الخط يختلف وضعاً وطولاً باختلاف موقع م وعلى كل حال ينحل الى ما يفعل ماسيًّا وما يفعل قطريًّا . ارسم م و ماسًّا لفلك القمر وي م بين الارض والقمر فينحل م ح الى قوّة قطرية م ر تزيد عطف القمر نحو الارض او تقلّله وم و قوّة ماسية تسرع حركة القمر او توخّرها . في هذا الرسم وضع م ح بحيث يزيد م ر عطف القمر نحو الارض وم و يسرع الحركة. عند التربيع يفعل م ر نحو ي وعند الاقتران والاستقبال تجذب عن ي وم و في الربع د ا وب س يسرع الحركة وفي ا ب وس د يوّخرها

(٢٢٤) بسبب اضطرابات حركة القمر لا يُستعلَم موقعهُ الحقيقي الّا باصلاحهِ لاجل هذه الاضطرابات بواسطة معادلاتها ومنها

اولاً معادلة المركز كما تقدم من جهة الشمس اي الفرق بين فلك القمر ودائرة حقيقية ومعظم هذه المعادلة ٦° ١٧′ ١٣″ للقمر وهي للشمس اقل من ٢°

(٢) الثانية معادلة الاعتساف وهي معادلة اضطراب المباينة بواسطة جاذبية الشمس معظمها ١° ٢٠′ وهي تقلل معادلة المركز في الاقتران والاستقبال وتزيدها في التربيع الاوّل والرابع فتزيد طول القمر الاوسط او تقلّله ١° ٢٠′ كما تقدّم حكى بها اولاً هيرخوس وكشفها بطليموس ومدتها ٣١ يوماً ١٩ˢ ٣٠ᵈ وهي حادثة بالقوّة م ر (شكل ٨٧)


شكل ٨٨

ليكن ف ح الخط الموصل بين نقطة الراس والذنب للقمر (شكل ٨٨) و ي الارض ولنفرض الشمس في جهة ا فيكون ا س الخط الموصل بين نقطة الراس والذنب والخطان متوافقان وانعطاف القمر نحو ي يقل عند ف وح كما تقدم والتقليل عند ف اقل من التقليل في مكان آخر من فلكهِ لانهُ عند ف تكون الفضلة بين ا ي و ا ف على اقلها وعند ح تقلل اكثر من التقليل في مكان آخر من فلكهِ لان فضلة ا ي ا ح حينئذٍ على معظمها فتبعد ف عن ي اقل وتبعد ح عن ي اكثر من سائر اجزاء فلك القمر وهكذا لو كانت الشمس في جهة س فمتى وافقت جهة الشمس الخط الموصل بين نقطة الراس

والذنب تكون هليلجية القمر على معظمها

ثم لنفرض الشمس في جهة د او ب اي ان الخط الموصل بين نقطة الراس والذنب يمر بالتربيع فيزيد انعطاف القمر نحو الارض عند ف وح كما هو الحال في التربيع ابدًا غير ان هذا الانعطاف على اقلهِ عند ف بسبب قلة ميل ف ب على ي ب وعند ح على معظمهِ بسبب زيادة ميل ح ب على ي ب فيكون ح ي بالنسبة الى ف ي اقل منهُ في وضع آخر فتكون الهليلجية على اقلها اذا وافق الخط الموصل خط التربيعين

(٣) معادلة السرعة من قبل اختلاف سرعة حركة القمر معظمها ٣٢′ ومدتها نصف دورة قانونية اي ١٤ يومًا و ١٨ ساعة وهي حادثة عن القوة الماسة و م (شكل ٨٧) فمن د الى ا توافق حركة القمر فتسرعها ومن ا الى ب تؤخرها ومن ب الى س تسرعها ومن س الى د تؤخرها . كان يظن انها من ب الى س تتاخر بسبب جاذبية الشمس الى الوراء غير ان القوة المضطربة هي اضافية لا مطلقة اي من ب الى س تجذب الشمس القمر اقل مما تجذب الارض فالنتيجة كانها لم تفعل بالارض بل دفعت القمر الى الجهة المتقابلة اي نحو س فيسرع القمر ويبطو على التعاقب بين تربيع وتربيع ومعظم الاختلاف عندما يكون على نحو ٣٥ من التربيع ب ود . نسب بعضهم كشف هذا الاضطراب الى تيخو براهي وبعضهم الى ابي الوفاء في القرن التاسع وهو الاضطراب الاوَّل الذي علل عنهُ اسحق نيوتون بالجاذبية العامة

(٤) المعادلة السنوية اي اختلاف سرعة الارض في نقطة الراس والذنب معظمها ١١′ ١٠″

(٥) خامسًا المعادلة الاختلافية علتها اختلاف جاذبية الشمس للقمر بين نقطة الراس والذنب معظمها ٢′

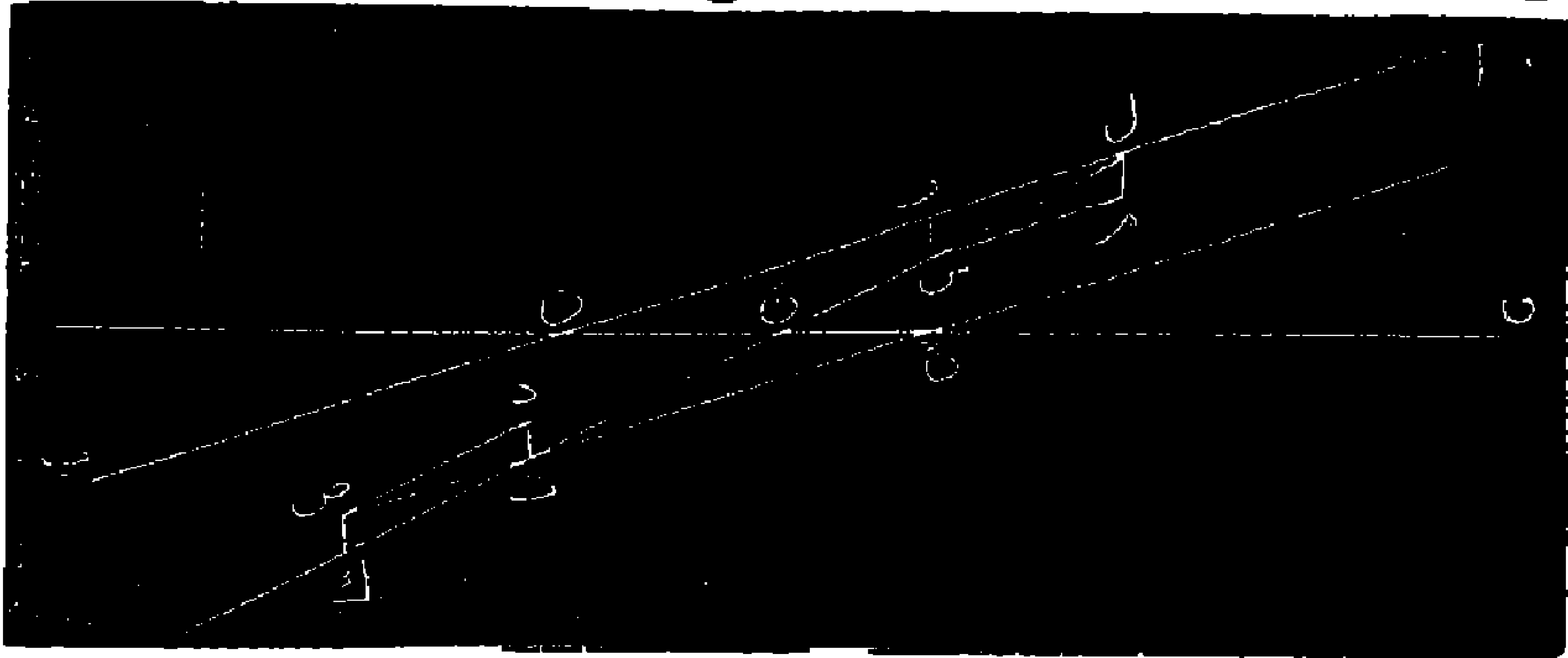
(٦) المعادلة القرنية اي اسراع حركة القمر بتقليل هليلجية فلك الارض الحادث مدة اقران متتابعة كما تقدم ومعظمها ١٠″ كل ١٠٠ سنة . هذه المعادلة كشفها اولًا المعلم هالي من مقابلة كسوفات رصدها الكلدانيون في بابل ق م ٧٢٠ و ٧١٩ مع كسوفات رصدها علماء العرب في القرن الثامن والتاسع . وقد كشف هانسن في هذه السنين الاخيرة معادلتين اخريين من قِبَل فعل الزهرة بالاستقامة وبغير استقامة في القمر

ومعادلات اخَر الى ٦٠ معادلة اكثرها صغار وبها يُستعلَم موقع القمر بدون خطاء يزيد عن ٣″

(٢٣٥) العقدتان ليستا ثابتتين بل تنتقلان من الشرق الى الغرب ١٩° ٢٠′ كل سنة فتعودان الى مكانها الاوَّل في ١٨.٦ سنة فان رصدنا النقطة التي فيها يقطع القمر دائرة البروج هذا الشهر وكان ذلك بقرب نجم ما فنجد في الشهر الآتي انهُ يقطعها الى غربي ذلك النجم فيقال ان

العقدتين تدبران على دائرة البروج وسبب ذلك جاذبية الشمس للقمر بالوروب من قبل ميل فلك القمر على دائرة البروج

ليكن ق ن (شكل ٨٩) قوساً من دائرة البروج و ا ب قوساً من فلك القمر والعقدة النازلة



شكل ٨٩

عند ن فمتى كان القمر عند ل تجذبه الشمس وهي في دائرة البروج على خط مائل على ق ن وتحل هذه الجاذبية الى قسم عمودي على ق ن وقسم يوازيه فليكن ل م القسم العمودي اي يحرك القمر بهذا القسم من جاذبية الشمس بينما يمر باستمراره على ل ر فيتحرك في ل س الذي يقطع دائرة البروج في نَ ثم بعد مروره بالعقدة تحركهُ القسم المشار من جاذبية الشمس على ت د بينما يمر باستمراره على ت ك فيتحرك في ت ص وهو اذا أُخرج يقطع دائرة البروج في نّ فتتقهقر العقدة عند اقتراب القمر اليها وعند ذهابه منها

وهذا التقهقر يحدث اذا كان القمر في النصف من فلكهِ الاقرب الى الشمس وفي النصف الآخر تنعكس حركة العقدتين اي تتقدمان غير ان الاولى اكثر من الثانية فيدبران كما تقدم

(٢٢٦) الخط الموصل بين نقطة الاوج والحضيض من فلك القمر يتقدم اي ينتقل من الغرب الى الشرق والعلة كما تقدم في تقدم الخط الموصل بين نقطة الراس والذنب للارض فجاذبية جسم خارج فلك سيارة هذا الفعل ابداً وهذا الخط الموصل بين نقطة الراس والذنب للارض يتقدم قليلاً جداً كما ذكر اما في القمر فلشدة اضطرابهِ بسبب جاذبية الشمس يتقدم الخط الموصل بين الاوج والحضيض ٣° كل شهر نجمي ويدور دوراناً كاملاً في نحو ٩ سنين

(٢٢٧) مدة دوران الشمس من احدى العقدتين الى ان تعود اليها ايضاً سُمّيت دورة النقطة القانونية وهي اقصر من السنة النجمية ومدتها ½ ٣٤٦ يوماً تقريباً . لان العقدة تنتقل غرباً كل سنة ١٩° ٣٥′ كما تقدم فتصل اليها الشمس قبل تكميل دورتها الكاملة بالوقت اللازم لكي تمر على ١٩° ٣٥′ واذ تحرك الشمس كل يوم درجة تقريباً تكون مدة دوران النقطة ٣٦٥ − ١٩ = ٣٤٦ وبالتدقيق ٣٤٦٫٦١٩٨٥١ يوماً والوقت من اقتران الى اقتران او من استقبال الى استقبال

= ٢٩٫٥٣٠٥٨٨٧ يومًا وفي ١٩ دورة للنقطة ٢٣٤ من هذه المدات تقريبًا

لان ٣٦٥٫٢٤٢٦١٩٨٥١ X ١٩ = ٦٩٣٩٫٦٨٥

و ٢٩٫٥٣٠٥٨٨٧ X ٢٣٥ = ٦٩٣٩٫٦٨٥

فلو انتقلت الشمس والقمر معًا من احدى العقدتين فبعد عودة الشمس اليها ١٩ مرة اي بعدما تمر على تلك النقطة ١٩ مرة يكون القمر قد دار ٢٤٢ دورة قانونية فيلتقيان حينئذٍ عند تلك النقطة ثم تدور ايضًا كما تقدم واذ كان حدوث الخسوف والكسوف متعلقًا بنسبة الارض والقمر والشمس الى احدى هاتين النقطتين فيعودان على ترتيب واحدٍ تقريبًا . فعودة الشمس الى العقدة بعد ١٩ دورة قانونية اي في ١٨ سنة و ١٠ ايام او ١١ يومًا قد سُمّيت مدتها عند القدماء مدة صاروس وعلى موجبها كان الكلدانيون وغيرهم من القدماء يحسبون الخسوف والكسوف المستقبل لانهُ ان عُرِفا لمدة ١٨ سنة يُعرَف وقت وقوعها ايضًا باضافة ١٨ سنة و ١٠ ايام الى ذلك الوقت او ١٨ سنة و ١١ يومًا كما سياتي

(٢٢٨) قد وجد واحد من القدماء اسمهُ ميتون ان القمر يدور ٢٣٥ دورة قانونية في ١٩ سنة اعتدالية فيقع الاقتران والاستقبال في وقت واحد في مدة كل ١٩ سنة اي ان وقع الاقتران في اليوم الخمسين من الدور مثلاً يقع في ذلك اليوم نفسهُ بعد ١٩ سنة واهل اثينا اعتمدوا على هذا الحساب لتعيين الاعياد والملاعيب وهلمّ جرًّا ق م ٤٣٢ والاعداد الدالة على هذه السنين كُتِبت باحرفٍ ذهبية على حيطان هيكل مينرفا في اثينا فسُمّيت الاعداد الذهبية فالعدد الذهبي هو العدد الدال على السنة من دور ميتون فالعدد الذهبي لسنة ١٨٧١ هو ١٠ ولسنة ١٨٧٢ هو ١١ ولسنة ٧٣ = ١٢ ولسنة ٧٤ = ١٣ وهلمّ جرًّا

ان ١٩ سنة شمسية تقتصر عن ٢٣٥ شهرًا قمريًا بمقدار ٢ س ٤ د ٣٣ ث فتعود اوجه القمر في الايام التي حدثت عليها قبل المدة ١٩ غير انها تتاخر ٢ س ٤ د ٣٣ ث

السنة الشمسية تارةً ٣٦٥ يومًا وتارةً ٣٦٦ يومًا كما تقدم ذكرهُ ودور ١٩ سنة اعتيادية ليس على طول واحد دائمًا لانهُ قد تكون فيهِ ٤ سنين كبيسة وقد تكون فيهِ خمس سنين كبيسة اي تارةً ٦٩٤٠ يومًا واخرى ٦٩٣٩ يومًا فتارةً يزيد عن ١٩ سنة فلكية ربع يوم تقريبًا واخرى يقصر عن ١٩ سنة فلكية اكثر من ¾ يوم فاذا اعتمد على ٤ ادوار كل دور ١٩ سنة اعتيادية يزيد ثلاثة منها عن السنة الاخيرة الفلكية اقل من ربع يوم والرابع يقصر من تلك السنة الفلكية نحو ¾ يوم ومجمل الادوار الاربعة (كل دور ١٩ سنة اعتيادية) يعدل اربعة ادوار كل دور ١٩ سنة فلكية وهذا الدور اي ١٩ X ٤ = ٧٦ سُمّي دور كليبوس

ولاجل الحساب الكنائسي يوم قمر وهي دائر في فلك القمر الحقيقي بحيث تتفق اوجهه في دور ١٩ سنة اعتيادية كما تتفق اوجه القمر الحقيقي في دور ١٩ سنة فلكية فسمّي القمر الكنائسي وعمر القمر الكنائسي في اليوم الاوّل من السنة هو زيادة السنة الشمسية على القمرية وهذه الزيادة سُمّيت الانافة فاذا عُرِف عمر القمر في اوّل يوم من السنة اي الانافة للسنة الاولى من دور ميتون تُعرَف لكل سنةٍ منهُ وبما ان دور ميتون ابتداء الحساب منهُ في ١٦ تموز سنة ٤٣٢ ق م ٧ٌ و٤٢ٌ ب ظ فيكون اتفاق الانافة والدور على هذا النسق

سنة الدور	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	١٧	١٨	١٩
الانافة	٠	١١	٢٢	٣	١٤	٢٥	٦	١٧	٢٨	٩	٢٠	١	١٢	٢٣	٤	١٥	٢٦	٧	١٨

الاحرف الاحدية — قد جرت العادة ان تتعين ايام الاسبوع بواسطة حرف من الاحرف الرومانية وتوضع A لليوم الاوّل من السنة اي

A	B	C	D	E	F	G
١	٢	٣	٤	٥	٦	٧

فاذا كان اوّل السنة يوم الاحد يكون الحرف الاحدي A واذا كان الثلاثاء اوّل السنة يكون F الحرف الاحدي واذا كان الاربعاء اوّل السنة يكون E الحرف الاحدي وسوف اذكر كيفية استعلام الحرف الاحدي والانافة وفائدة ذلك لمعرفة مواقيت بعض الاعياد في فصل مضاف الى آخر هذا المؤلف ان شاء الله لان كل ذلك من التلاتل والمشاجرات الاكليركية التي لا تستحق الالتفات اليها في هذا السياق

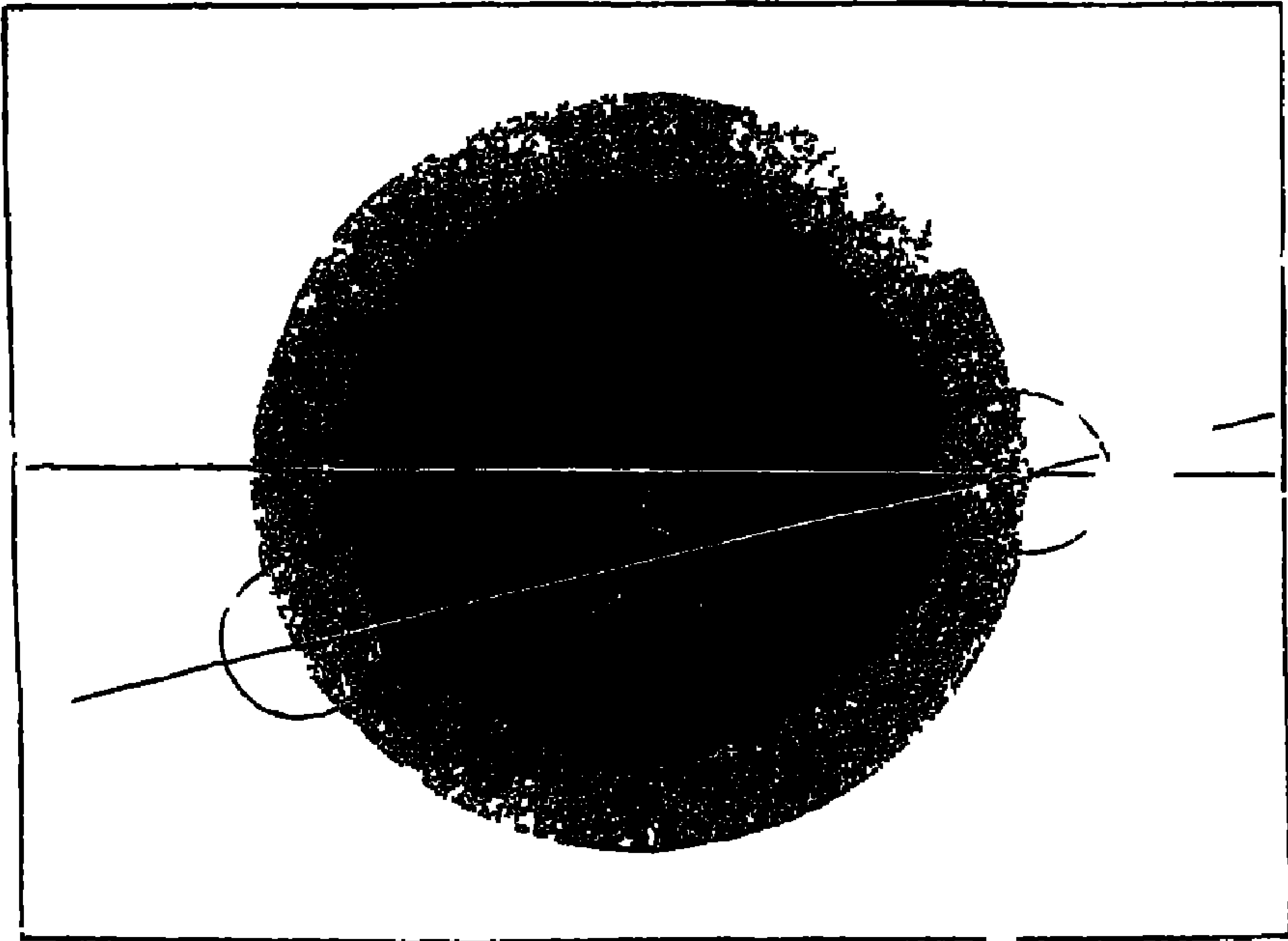
(٢٢٩) هذه بعض اضطرابات حركات القمر والمعادلات لاصلاح حساب موقعها وهي مدوّنة في الزيجات ومنها ما يقتضي طرحها ومنها اضافتها وهو عمل طويل ممل من جمع وطرح وضرب وفي ادق الزيجات ما ينوف عن ٦٠ معادلة لاصلاح حساب موقع القمر وهذا العمل الطويل تغنينا عنهُ الجداول السنوية المطبوعة المعروفة بالمنهاج

(٢٣٠) اضطرابات حركات القمر تُقسَم الى قسمين الاوّل اضطرابات مدّة قصيرة مثل الاعتساف واختلاف سرعة حركتهِ بين الاقتران والاستقبال والتربيعين لانها تحدث في كل مدّة قصيرة والثاني اضطرابات دورية اي التي تحدث في مدّات بعيدة منها المعادلة الدورية المذكورة انفًا

الفصل السابع

في الكسوف والخسوف

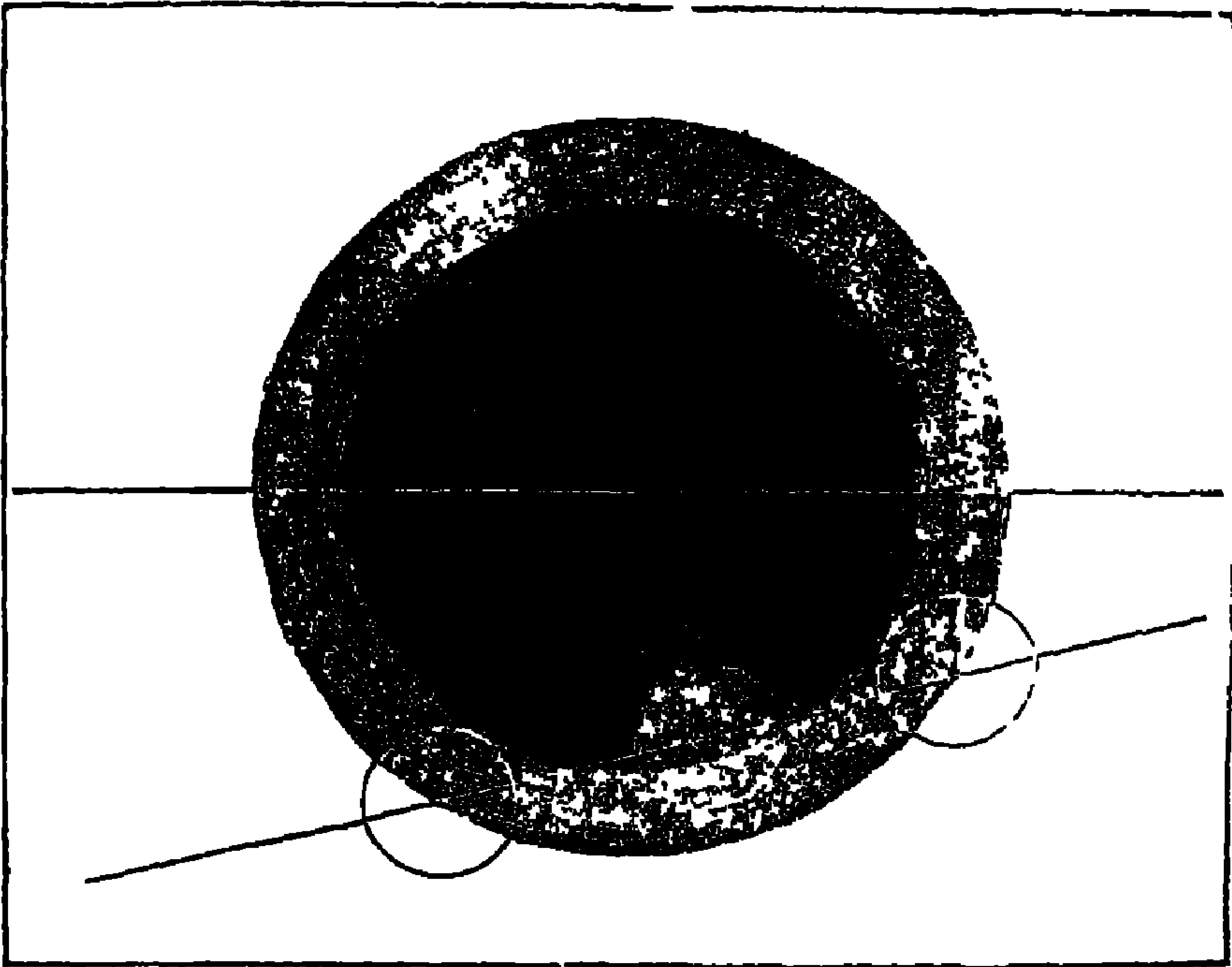
(٣٢١) يخسف القمر عندما يقع في ظل الارض وتنكسف الشمس عندما يتوسط القمر بينها وبين الارض فيقع ظل القمر على الارض فلا يمكن ان يحدث خسوف الاّ عند الاستقبال ولا كسوف الاّ عند الاقتران ولو كان فلك القمر وفلك الارض في سطح واحد لحدث كسوف عند كل اقتران وخسوف عند كل استقبال لوقوع ظل الارض والقمر في سطح واحد وهو سطح فلكها وكلا الظلين



شكل ٩٠ خسوف كامل

اطول من بعد القمر عن الارض وقد تقدم ان فلك القمر مائل على فلك الارض نحو ٥° فمتى كان القمر متوسطاً بين العقدتين يكون ميل مركزهِ ٥° عن محور ظل الارض الذي هو في دائرة البروج ابداً ومعظم نصف قطر هذا الظل على بعد القمر = $\frac{3}{4}$° فقط كما ستعلم ونصف قطر القمر = $\frac{1}{4}$° تقريباً فلا يطبق احدها على الآخر ولا يدخل احدها في ظل الآخر الاّ متى كانت الشمس وقت الاقتران عند او بقرب احدى العقدتين للقمر وبدوران الشمس في دائرة البروج تقع كل سنة في كل نقطة من تلك الدائرة فقد يتفق وقوع الاقتران والاستقبال في كل جزء من تلك الدائرة وان يقعا متى

كانت الشمس تجاه العقدة الصاعدة او النازلة او متى كانت بينها وبينها ٩٠° او في اية نقطة كانت بين هذين الموضعين والشمس تمر بالعقدتين في نقطتين متقابلتين من دائرة البروج اي في فصول متقابلة من فصول السنة او شهور متقابلة فلذلك نرى غالبًا خسوفات وكسوفات تحدث في شهور متقابلة اي ان حدث خسوف او كسوف في كانون الثاني مثلاً ننتظر وقوعهُ ايضًا في تموز وان حدث في اذار ننتظرهُ ايضًا في ايلول وسُمّيت هذه الشهور المتقابلة شهور العقدتين وبسبب تقهقرهما كما تقدم تتغير هذه الاشهر من سنة الى سنة



شكل ٩١ خسوف جزئي

(٢٤٢) لو كان جرم الشمس يعدل جرم الارض لكان ظل الارض اسطوانة ولكونها اكبر من الارض كثيرًا يكون ظل الارض مخروطاً قاعدتهُ الارض ورأسهُ ومحورهُ في دائرة البروج ابدًا والامر واضح ايضًا ان هذا الظل يطول اذا بعدت الشمس عن الارض ويقصر اذا قربت اليها وان هيئة الظل يتغير قليلاً بتسطيح الارض عند القطبين وان القمر في الاستقبال تارةً اقرب الى الارض واخرى ابعد عنها فمتى كان اقرب يعبر في قسم من الظل اعظم قطرًا من القسم الذي يمر بهِ وهو ابعد عنها

(٢٤٣) نصف زاوية مخروط ظل الارض يعدل قطر الشمس الظاهر الّا اختلافها الافقي ليكن ا ش (شكل ٩٢) ½ قطر الشمس ب ي ½ قطر الارض ي س محور ظل الارض فنصف

زاوية مخروط الظل اسبه ي س ب = اي ش − ي ا ب وا ي ش = نصف قطر الشمس و ي ا ب = اختلافها الافقي وهما معروفان فتُعرَف منها الزاوية عند راس الظل وللاختصار لنجعل ½ قطر الشمس = ق واختلافها الافقي = خ فلنا



شكل ٩٣

ي س ب = ق − خ
وق = ١٦َ ٥ً ١"
وخ = ٦ً ٨"
وق − خ = ١٥َ ٩ً ٥٣" معدل نصف زاوية الظل

(٢٢٤) في المثلث ي س ب ذي قائمة عند ب لنا الزاوية ي س ب والضلع ي ب فنستعلم منهما ي س

جيب (ق − خ) : ½ ق :: ٣٩٥٦ : ٨٥٦٢٧٥ (٥٣)

اي معدل طول الظل وتتغير هذه القيمة بالقلب كتغيير ½ قطر الشمس. وبعد القمر = ٢٣٨٦٥٠ تقريبًا فطول الظل ½ ٣ امثال بعد القمر فيعبر في الظل في القسم الاعرض منهُ اي حيث يكون قطرهُ اكثر كثيرًا ما يلزم لتحجب وجه القمر

(٢٢٥) لاجل استعلام قطر الظل عند معبر القمر فيهِ

ليكن مَ مَ مقطع الظل عند معبر القمر فيهِ وم مركز الدائرة الحادثة بالقطع فالزاوية م ي مَ دالة على نصف قطر الظل وهي = ب مَ ي − ب س ي وب مَ ي = اختلاف القمر الافقي وب س ي = ½ قطر الشمس الّا اختلافها الافقي اسبه ق − خ كما تقدم فاذا وضعنا خَ عوضًا عن اختلاف القمر الافقي لنا

م ي مَ = خَ − (ق − خ) = خَ + خ − ق
وخَ = ٥٧َ ٥"
وق − خ = ١٥َ ٩ً ٥٣"

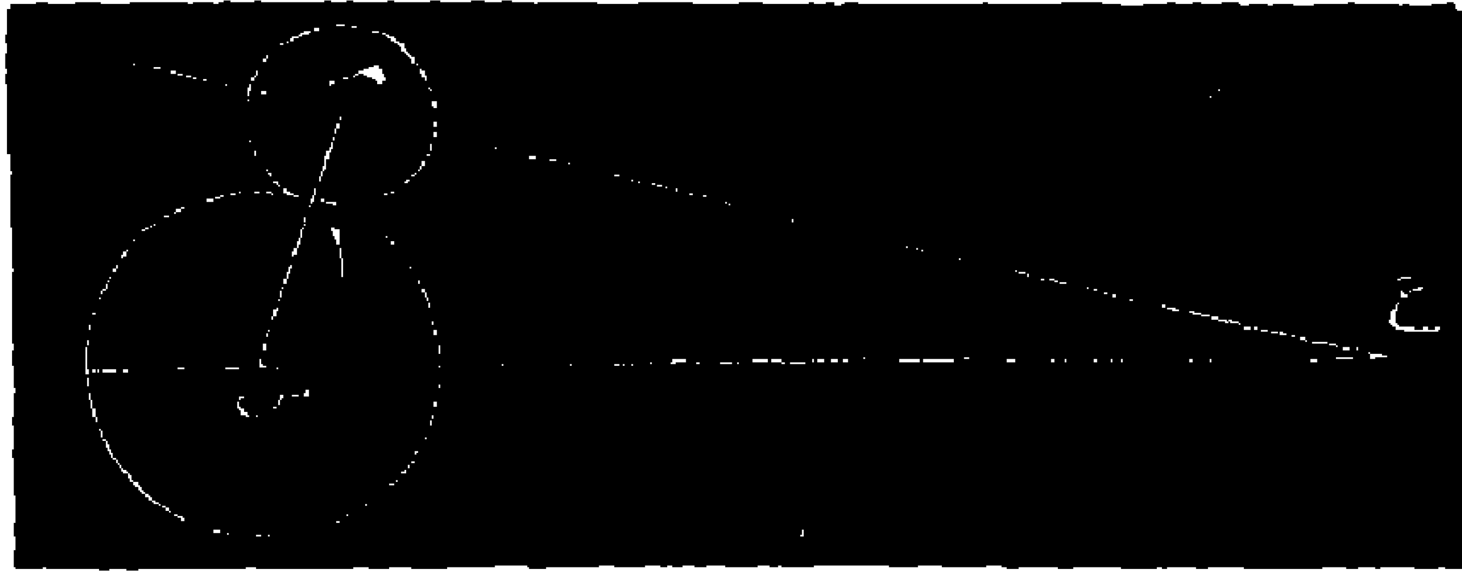
وخَ + خ ــ ق = ٤١ʹ ١°١٣ = ½ قطر الظل عند معبر القمر و½ قطر القمر = ٥١ʹ ٣٣ʺ

فقطر الظل ½ ٣ مثل ½ قطر القمر عند معبرهِ فيهِ

(٢٣٦) بعد القمر عن عقدتهِ اذا مسَّ ظل الارض مسًّا فقط في خسوف سُمّي الحد الخسوفي وبُعدهُ عن العقدة وفي كسوف اذا مسَّ جانب الشمس مسًّا فقط سُمّي الحد الكسوفي ولا يمكن ان يحدث خسوف ولا كسوف اذا كان القمر ابعد من هذه الحدود عن العقدة

(٢٣٧) لاستعلام الحد الخسوفي

ليكن س ع قسمًا من طريق الشمس (شكل ٩٣) م ع قسمًا من طريق القمر وس ا ½ قطر ظل الارض وم ا ½ قطر القمر وهما معروفان فيُعرَف مجتمعهما س م



شكل ٩٣

وع العقدة والزاوية ع معروفة لانها ميل فلك القمر على دائرة البروج ثم في المثلث الكروي م ع س ذي القائمة عند م لنا

$$\frac{1}{2} \text{ق} \times \text{جـ س م} = \text{جـ س ع} \times \text{جـ م ع س} \quad (٥٤)$$

فنستعلم س ع اما الزاوية عند ع وس ا وا م فكميات متغيرة فيتغير س ع ايضًا ومعظمهُ ١٣° ٢٤ʹ فاذا كان اكثر من ذلك لا يحدث خسوف واقلهُ ٩° ٢٤ʹ فاذا كان اقل من ذلك فلا بد من خسوف وان كان بينهما فربما يحدث وربما لا يحدث

اما بعد القمر عن العقدة فيقاس على دائرة البروج وهو كناية عن فضلة طول العقدة وطول القمر في وقت ما فلا يمكن ان يحدث خسوف متى كان بعد القمر عن العقدة اي فضلة طولهِ وطول العقدة اكثر من ١٣° ٢٤ʹ وان كان اقل من ٩° ٢٤ʹ فلا بد من خسوف وبين ٩° والحد المذكور سابقًا يكون في حدوثهِ شك لا يُزال الَّا بالحساب

ان مسَّ القمر ظل الارض مسًّا سُمّيت الرؤية مماسة وان دخل جزء من القمر فقط في الظل سُمّي خسوفًا جزئيًّا (شكل ٩١) وان دخل جميعهُ سُمّي كليًّا (شكل ٩٠) وان طابق في الخسوف مركز القمر على مركز دائرة الظل سُمّي مركزيًّا وذلك لا يكون الَّا اذا كان القمر وقت الخسوف عند العقدة تمامًا وان لم ينتهِ راس مخروط الظلّ الى القمر سُمّي حلقيًّا

(٢٣٧) ان الارض تحجب شيئًا من نور الشمس عن القمر قبل دخولهِ في الظل ويتزايد الاحتجاب شيئًا فشيئًا الى ان يدخل الظل فينخسف وهذا النور الجزئي سُمّي ظُلَيلاً وتُعرَف حدودهُ برسم الماسات ا حَ آ ح (شكل ٩٢) فالامر واضح ان القمر عند وصولهِ الى حَ يحتجب عنهُ شيء

من نورالشمس ويتزايد ذلك الى ان يصل الى الظل عند مَ وبعد خروجهِ عند مَ يبقى شيء من النور محتجباً حتى يصل الى ح وهيئة الظليل مخروط ناقص يمتد الى غير نهاية من الارض وراس المخروط اذا أُكمِل عند سَ اي بين الارض والشمس

(٢٣٨) نصف زاوية الظليل = ½ قطر الشمس واختلافها الافقي اي ق+خ (شكل ٩٢) لانّ

ح سَ م = ا سَ ش = ا ي ش + بَ ا ي

و ا ي ش = ½ قطر الشمس

و بَ ا ي = الاختلاف الافقي وهما معروفان

نصف زاوية مقطع الظُلَيل على بعد القمر = اختلاف القمر الافقي + اختلاف الشمس الافقي + ½ قطر الشمس

لان الزاوية ح ي م (شكل ٩٢) = ي ح سَ + ي سَ ح

و ي ح سَ = خَ اي اختلاف القمر الافقي

و ي سَ ح = ق + خ كما تقدم

اي ح ي م = خَ + خ + ق

وهي كلها معروفة ومعدل ذلك ١° ٢٢′ ١٩″ اي ٥ امثال ½ ق القمر تقريبا

(٢٣٩) في ما تقدم قد حسبنا مخروط ظل الارض مصطنعاً بماسات لسطح الارض من سطح الشمس وقد وُجِد بالرصد ان قطر الظل الظاهر اكبر قليلاً مما هو حسب القاعدة المذكورة ويُعلَّل عن ذلك بان بعض شعاع الشمس تمصها وتطفئها الاجزاء السفلى من كرة الهواء فالنتيجة كما لو كانت الارض اكبر قليلاً مما هي حقيقة فلكي يطابق الحساب على الحقيقة يقتضي زيادة ½ قطر الظل والظُلَيل نحو ١/٦٠ مما هو حسب القاعدة المذكورة انفاً

في خسوف كلي يبقى وجه القمر ظاهراً له نور محمر ضعيف وسبب ذلك ان بعض شعاع الشمس تنكسر بهواء الارض فتنحرف الى حد محور الظل وتقع على القمر

(٢٤٠) قد تقدم ان القدماء حسبوا وقوع خسوف وكسوف تقريباً من ملاحظتهم عودة القمر الى الاماكن التي كان فيها كلّ ١٨ سنة و ١٠ ايام اي مدة ٢٢٣ من دورات القمر القانونية وقد حسب الفيلسوف هالي مدة هذا الرجوع ١٨ سنة و ١٠ ايام ٧ ساعات ¾ ٤٣ٍ اذا كانت خمس سنين كبيسة في مدة ١٨ سنة. و ١٨ سنة ١١ يوماً ٧ ¾ ٤٣ اذا كانت ٤ سنين كبيسة في تلك المدة واذا عُرِف وقت وسط خسوف برصدٍ فان اضفنا الى ذلك الوقت المدة المذكورة يكون لنا وقت وقوعهِ ثانيةً غير انهُ يحتمل خطأً ساعة ونصف

كسوف الشمس

(٢٤١) اما كسوف الشمس فان نظرنا اليهِ بدون اعتبار مكان خصوصي فالامر واضح ان كيفية حسابهِ كحساب الخسوف غير انهُ بسبب قرب القمر الى الارض وزيادة اختلافهِ وصغر ظلهِ لا تخسف بهِ الارض كلها اي ظلهُ يغطي جزءًا صغيرًا من سطح الارض فقط كما نرى احيانًا سحابة تغطي وجه الشمس عن بعض الاماكن وتبقى مشرقة على البعض وهكذا في الكسوف فان كانت الشمس على خط الاستواء مثلاً وتوسط القمر بينها وبين الارض يقع الظل على جانبي خط الاستواء فيحدث كسوف هناك واما لناظرٍ في المنطقة المعتدلة الشمالية فيقع القمر الى جنوبي الشمس ولناظرٍ في المعتدلة الجنوبية يقع الى شمالي الشمس فلا يحدث كسوف عندها

(٢٤٢) حركة القمر في فلكهِ ٣٣′ كل ساعة وذلك على بعد القمر ٢٣٨٠٠٠ ميلاً فظل القمر على سطح الارض هذه سرعتهُ اذا كان عموديًا عليهِ ومتى كان مائلاً تزداد السرعة على نسبة $\frac{1}{2}$ ق : جيب الميل . ثم لنفرض وقوع الاقتران عند وصول القمر الى العقدة فيكون الاجرام الثلاثة اي الشمس والقمر والارض على خطٍّ واحد والظل يمشي على دائرة البروج على سطح الارض من الغرب نحو الشرق وحركة الارض على محورها ايضًا من الغرب الى الشرق فتقل سرعة الظل قليلاً بهذا السبب اي سرعتهُ = فضلة حركة الارض على محورها وحركة القمر في فلكهِ . ثم لنفرض ان القمر عند الاقتران واقع الى شمال دائرة البروج قادمًا الى العقدة النازلة وان الاقتران حصل داخل الحد الكسوفي قليلاً اي اقل من ١٦° عن العقدة فعند ذلك يقع الظل الى نحو الشمال ويمسّ الارض عند القطب الشمالي لدائرة البروج وبالعكس متى كان الى جنوبي دائرة البروج قادمًا الى العقدة الصاعدة وحصل الاقتران كما ذُكِر. فكلما اقترب الاقتران الى العقدة تقدَّم الظل نحو الاقاليم الاستوائية

(٢٥٨) الاقتران يحدث والقمر على ابعادٍ مختلفة من الشمس فالامر واضح ان طول ظلهِ يتغير بالنسبة الى ذلك وايضًا قطرهُ عند الارض يتغير وتتغير بذلك مساحة الظل على سطح الارض والكسوف الاكبر مساحةً هو الحادث متى كانت الشمس على بعدها الابعد والقمر على بعدهِ الاقرب من الارض

(٢٤٣) متى كان القمر على معدل بعدهِ من الشمس ومن الارض يصل ظلهُ الى سطح الارض الاَّ قليلاً لان معدل طولهِ = ٢٣١٦٩٠

ليكن ص (شكل ٩٤) الشمس د القمر ت الارض فنصف زاوية مخروط ظل القمر د ك ر

كما كانت في ظل الارض (ع ٣٦٣) = ص د ر – د رك وص د ر = $\frac{1}{2}$ ق الشمس عند القمر و د رك = اختلافها الافقي عند القمر ولسبب بعد الشمس وقرب القمر بالنسبة الى الشمس يختلف نصف قطر الشمس عند القمر قليلاً جدًّا عما هو في الارض ولسبب صغر نصف قطر القمر عند الشمس يكون اختلافها الافقي صغيرًا جدًّا فيسوغ ان نحسب $\frac{1}{2}$ ق الشمس = نصف زاوية مخروط ظل القمر ولاجل زيادة التدقيق لنحسب نصف قطر الشمس واختلافها الافقي عند القمر. فلانَّ مقدار جرم الظاهر هو بالقلب كبعدهِ فنسبة



شكل ٩٤

ص د ر : ص ث ر :: ص ث : ص د :: ٤٠٠ : ٣٩٩

لان بعد الشمس ٤٠٠ مثل بعد القمر فاذا كان ص ث ٤٠٠ يكون ص د ٣٩٩ اي

ص د ر = $\frac{٤٠٠}{٣٩٩}$ X ص ث ر = ١٫٠٠٢٥ X ص ث ر ومعدل نصف قطر الشمس اي ص ث ر = ١٦٫٠٢٥′ اي

ص د ر = ١٦٫٠٢٥′ X ١٫٠٠٢٥ = ١٦٫٠٦٥′ = ١٦′ ٩″ ٣‴

(٣٤٤) اما الاختلاف فهو بالقلب كالبعد فيكون اختلاف الشمس الافقي عند القمر $\frac{١}{٤٠٠}$ اعظم ما هو عند الارض لكون القمر اقرب الى الشمس $\frac{١}{٤٠٠}$ من بعد الارض عن الشمس ولكن القمر اصغر من الارض فيكون الاختلاف عند القمر $\frac{٧٩١٢}{٢١٦٠}$ اصغر ما هو عند الارض فاذا زدنا اختلاف الشمس الافقي لسبب قرب القمر الى الشمس ونقصناهُ لسبب صغر القمر لنا

$\frac{٤٠٠}{٣٩٩}$ X $\frac{٢١٦٠}{٧٩١٢}$ X ٩″ = ٥″ ٣‴ = اختلاف الشمس الافقي عند القمر فنصف زاوية مخروط ظل القمر =

ص د ر – د رك = ١٦′ ٩″ ٣‴ – ٥″ ٣‴ = ١٦′ ٤″ ١‴ وذلك لا يختلف كثيرًا عن نصف قطر الشمس عند الارض فيسوغ ان نحسب نصف زاوية مخروط ظل القمر = $\frac{1}{2}$ ق الشمس عند الارض فلنا

جيب ١٦′ ٥″ ١‴ : ١٠٨٠ (اي ب د) :: $\frac{1}{2}$ ق : د ك = ٢٣١٦٩٠

ومعدل بعد القمر عن سطح الارض = ٢٣٨٨١٨ − ٢٩٥٦ = ٢٣٤٨٦٢ وذاك اطول من طول الظل المذكور سابقًا. ثم متى كان القمر على اقربهِ من الارض بينهُ وبين مركز الارض ٢٢١٥٩٣ ميلاً ومتى كانت الشمس في بعدها الابعد يكون نصف قطرها ١٥′ ٥° ٤٥″ وعلى موجب ذلك حسبما تقدم نستعلم طول ظل القمر = ٢٣٥٦٢٠ وان طُرح من ذلك ٢٢١٥٩٣ يبقى ١٤٠٢٧ اي امتداد الظل الى ابعد من مركز الارض

(٢٤٥) ان حدث الاقتران والقمر في العقدة يقع الظل عموديًّا على سطح الارض فقطرهُ على سطح الارض لا يزيد عن ١٧٠ ميلاً لانهُ في المثلث يَ ث ك الزاوية عند ك = ١٥′ ٥° ٤٥″ كما تقدم وث يَ = ٢٩٥٦ وث ك = ١٤٠٢٧ فلنا

٢٩٥٦ : ١٤٠٢٧ :: ج ١٥′ ٥° ٤٥″ : ج ٥٥′ ١° ٥٥″ ث يَ ك

و ٥٥′ ١° ٥٥″ + ١٥′ ٥° ٤٥″ (اي زاوية ك) = ١° ١١′ ٦° ٤٠″ = دَ ث يَ اي القوس دَ يَ

و ٢ دَ يَ = ٣° ٢٢′ ٣° ٢٠″ = يَ ن فنسبة ٣٦٠° : ٣٩° ٣° (= ٣° ٢٢′ ٣° ٢٠″) :: ٢٤٨٩٩ (= محيط الارض الاستوائي) : ١٧٠ تقريبًا

(٢٤٦) ظُلَيل القمر لا يغطي من سطح الارض جزءًا قطرهُ اعظم من ٤٢٩٣ ميلاً لان نصف زاوية الظُلَيل ب ي د = ب ص د + ص ب ر وب ص د = اختلاف الشمس الافقي عند القمر اي ٥° ٣″ وص ب ر = ½ ق الشمس ومن ذلك نستعلم ب ي د و½ ق القمر ب غ د = ١٦′ ٥° ٤٥″ فنستعلم من ذلك غ د ث فلنا في المثلث غ د ث الزاوية غ د ث والضلع د ث وايضًا ث غ فنستعلم الزاوية غ ث دَ والقوس غ دَ ومضاعفها غ ح = زاوية عرض الظُلَيل فيتحوَّل الى اميال حسبما تقدَّم ومعظمها ٤٥٠٠ ميل

شكل ٩٥

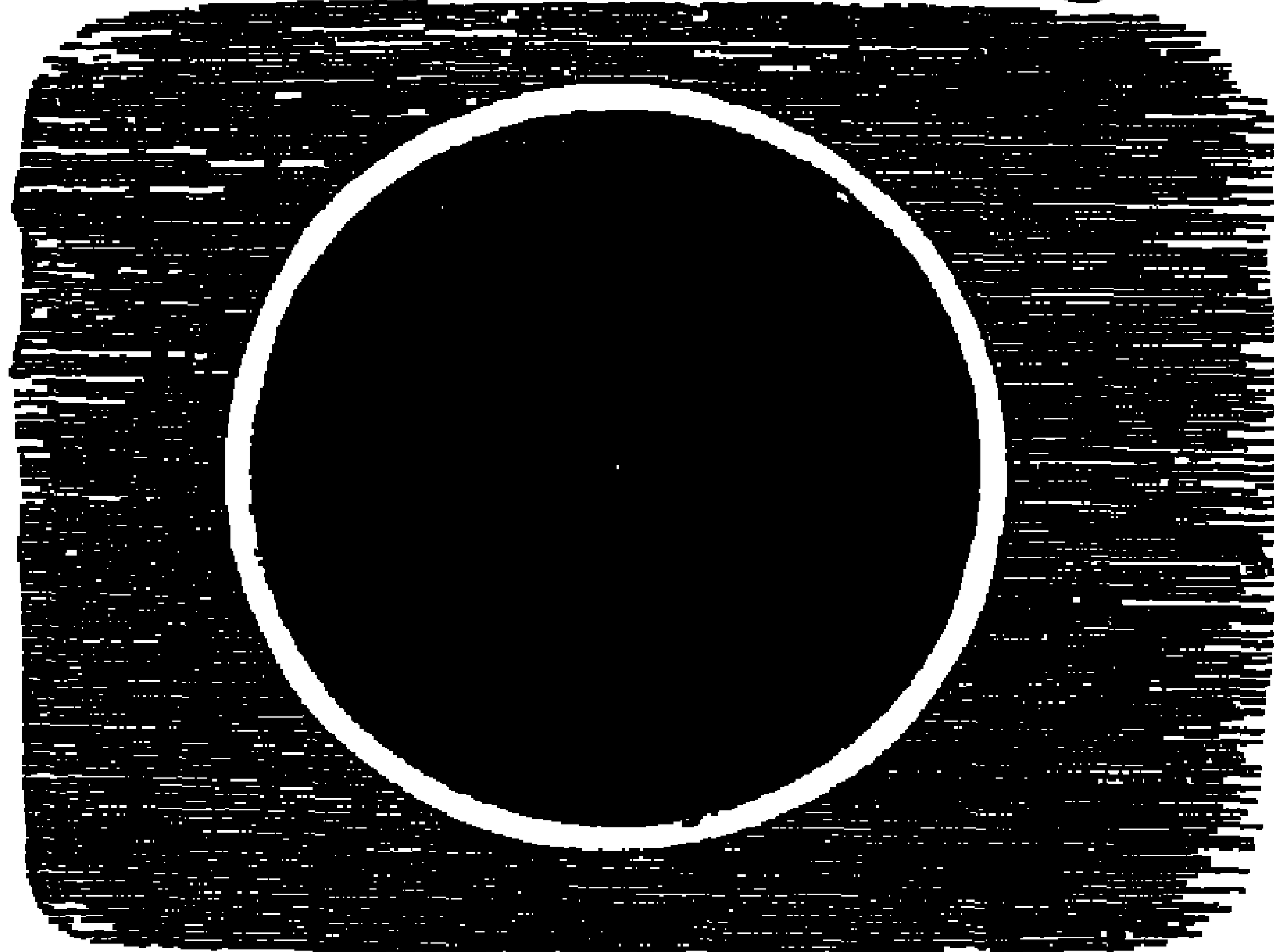
(٢٤٧) الحد الكسوفي هو بعد الشمس عن العقدة بحيث يمسها ظُلَيل القمر عند الاقتران مسًّا فقط

ليكن ص مركز الشمس (شكل ٩٥) وي مركز الارض وم مركز القمر فالماسة تحدث عندما يمسُّ القمر ا ب اي الشعة الخارجية الماسة سطح الارض والبعد بين مركز الشمس ومركز القمر هو الزاوية ص ي م وهي = ص ي ا + ا ي س + س ي م اما ص ي ا فهي نصف قطر الشمس و = ة وس ي م = ½ القمر = د والزاوية ا ي س من المثلث ي ا س = ي س ب − س ا ي اما ي س ب فهي اختلاف القمر الافقي = ف وس ا ي = اختلاف الشمس الافقي = فَ فالبعد بين المركزين اي

ص ي م = ة + د + ف − فَ (٥٥)

اي مجتمع ½ ق الشمس والقمر مع فضلة اختلافها الافقي وهذا البعد يدل عليهِ في الرسم س م شكل ٩٣ فيستعلم س ع كما تقدم (ع ٣٤٧) ومعظمهُ ١٨° ٣٦′ واقلهُ ١٥° ٣٠′

(٣٤٨) قطر القمر الظاهر احيانًا اعظم من قطر الشمس واحيانًا اصغر منهُ واحيانًا يعدلهُ فلو اقام ناظر على الخط الموصل بين مركز الارض ومركز القمر ومركز الشمس فان كان قطر القمر اعظم من قطر الشمس يكون الكسوف كليًّا ان كان القطران متساويان ينتهي راس الظل الى سطح الارض وتحتجب كل الشمس لحظة من الناظر المقيم على الخط المشار اليهِ وبالنتيجة عن المقيمين على الخط الذي يرسمهُ راس الظل على سطح الارض وان كان قطر القمر اصغر من قطر الشمس كما يحدث متى كان القمر في الاقتران على بعدهِ الابعد من الارض فالناظر المشار اليهِ يرَى القمر على وجه الشمس وحلقة من الشمس تحيط بالقمر كما يتضح من شكل ٩٦ وقد سُمّيت هذه الروءْية كسوفًا حلقيًّا



شكل ٩٦ كسوف حلقي

(٣٤٩) القمر يبعد عن الشمس كل ساعة نحو ٣٠′ اي ٢٠٨٠ ميلاً من فلكهِ وهذه هي سرعة حركة ظل القمر على سطح الارض فيمر على مسافة قطر الارض في اقل من ٤ ساعات غير ان الارض تدور على محورها وحركة السطح عند خط الاستواء ١٠٤٠ ميلاً كل ساعة اي نصف سرعة

حركة الظل وكلاهما من الغرب الى الشرق فيمر الظل على موضع عند خط الاستواء على سرعة نحو ١٠٤٠ كل ساعة اذا وقع عمودياً وكل ما زاد عرض مكان زادت سرعة حركة الظل لبطوء حركة المكان واذا وقع الظل داخل الدائرة القطبية فقد يتحرك الظل والناظر الى جهتين متقابلتين فتكون السرعة مجتمع الحركتين لا فضلتهما

الخسوف يبتدئ على جانب القمر الشرقي ابداً والكسوف على جانب الشمس الغربي

(٢٥٠) الامر واضح ان روية كسوف تختلف باختلاف ارتفاع القمر فوق الافق اذ يختلف بذلك قطرهُ الظاهر فقد يكون كسوف حلقياً في اماكن ظهر فيها عند طلوع القمر او عند غروبه وكليًّا للاماكن التي يظهر فيها الظهر وذلك لان طول الظل اطول ما يلزم للوصول الى اقرب سطح الارض اليه ولا يكفي طوله للوصول الى مركز الارض

(٢٥١) معظم الحد الكسوفي ١٨° ٣٦′ كما تقدم ومعظم حد الخسوف ١٢° ٢٤′ فيحدث كسوف اكثر من خسوف غير ان الخسوف ظاهر لنصف الدنيا ابداً واما الكسوف فظاهر لجزء صغير من النصف الذي نحو الشمس فيحدث الخسوف في مكانٍ معين اكثر من الكسوف

(٢٥٢) مدة دوام كسوف

معظم قطر القمر = ٣٣′ ٣١″

اصغر قطر الشمس = ٣١ ٣٠

△ = ٢′ ١″ = القوس التي يمر بها القمر مدة دوام الكسوف التام

معظم قطر الشمس = ٣٢′ ٣٥″

اصغر قطر القمر = ٢٩ ٢٢

△ = ٣′ ١٣″ = القوس التي يمر بها القمر مدة دوام الروية الحلقية

	على خط الاستواء	على عرض ٥٨° ٥٠′
كلي	٤س ٢٩د ٤٤ث	٣س ٣٦د ٣٢ث
روية حلقية	١٢د ٤٦ث	٩د ٥٦ث
ظلام	٧د ٥٨ث	٦د ١٠ث

الكسوف الكلي قليل الوقوع وسوف يحدث ١٨٨٧ ١٩ آب كلي في شمالي جرمانيا وجنوبي روسيا واواسط اسيا وفي ١٨٩٦ ٩ آب كلي في كرينلاند وسيبريا ولابلاند وفي ١٩٠٠ ٨ ايار كلي في مصر والجزائر واسبانيا والبلاد المتحدة . وكيفية حساب كل

ذلك سياتي مفصلاً في القسم العملي من هذا المؤلف ان شاء الله

في سنة واحدة لا يحدث كسوف وخسوف اكثر من سبع مرات ولا اقل من مرتين فاذا حدث سبع مرات يحدث كسوف خمس مرات وخسوف مرتين او كسوف اربع مرات وخسوف ثلاث مرات واذا حدث مرتين فقط يكون كلاهما كسوفًا



شكل ٩٧

ليكن ن ح نَ حَ (شكل ٩٧) دائرة البروج ون نَ عقدتي فلك القمر. خذ ن لَ ن لً نَ لً نَ لُ كل واحد يعدل معظم الحد الكسوفي = ٦ ١٨° فيكون لَ لً ٣ ٣٧° وكذلك لُ لَ وعدّة الاقترانات الممكن حدوثها في مرور الشمس على هاتين القوسين تعادل الكسوفات الممكن حدوثها في سنة واحدة

معدّل حركة عقدة القمر اليومي هو — ٠٫٠٥٥° ٠°

" " الشمس اليومية + ٠٫٩٨٥° ٠°

فحركة الشمس اليومية بالنسبة الى العقدة = ١٫٠٤° ١°

المدّة بين اقتران واقتران ٥٣ ٢٩° يومًا

و٥٣ ٢٩° X ١٫٠٤ ١° = ٣٠° ٧١١٢ ٣° = معدل حركة الشمس عن العقدة في شهر اي بين اقتران واقتران. اذا غُضّ النظر عن تقهقر الاعتدال الربيعي في هذا الحساب لقلته تكون حركة العقدة عن الاعتدال الربيعي في شهر = ٥٣ ٢٩° يومًا X ٠٥٥ ٠° = ٦٢٤١ ١° وهذه الحركات لا تفني احداها الاخرى بالقسمة اي لا تقاس الواحدة بالاخرى ولا تقاس ٣٦٠° باحداها فتكون بين الاعتدال الربيعي والعقدة والشمس مع القمر في الاقتران على تمادي السنين اية نسبة فُرِضَت في اوّل السنة

افرض الشمس والقمر في الاقتران عند مَ اي درجة واحدة الى شرقي لَ في اوّل السنة فيحدث كسوف و٣ ٣٧° — ١° = ٣ ٣٦° وذلك اكثر من القوس التي تمر بها الشمس في شهر فعند الاقتران الثاني يحدث كسوف ثانٍ بين ن ولً ثم بعد مرور ستة اشهر في الاقتران السابع تكون الشمس عند مً اي تبعد عن لً ما يعدل ٣٠ ٧١° X ٦ — ١٧٩° = ٣٦ ٥° فيحدث كسوف ثالث و٣ ٣٧° — ٣٦ ٥° = ٨٤ ٣١° وهي قوس اكبر مما تمر بها الشمس في شهر فيحدث كسوف رابع قبل مرور الشمس على لُ

ثم عند نهاية الشهر القمري الثاني عشر يكون موقع الشمس ٣٠ ٧١° X ١٢ — ٣٦٠° = ٥٢ ٨°

الى شرقي م٢ فيحدث كسوف خامس وهو الاخير في السنة لان السنة تنتهي ٨٩ ١٠ ايام بعد الاقتران الثالث عشر اي زيادة السنة على ١٢ شهرًا قانونيًا

ايضًا ٦ ١٨ - ١ = ٦ ١٧ وفي نصف شهر اي بين اقتران واستقبال تمر الشمس على ٣٥ ١٥ و ٦ ١٧ - ٣٥ ١٥ = ٣٥ ٢ بعد الشمس عن العقدة ن فيصير خسوف اوّل عند العقدة المتقابلة نَ

ولما كان القمر في الاقتران عند م٢ كانت الشمس ٦٠ ١٨ - ٣٦ ٥ = ٢٤ ١٢ عن العقده ن وبعد نصف شهر تكون ٣٥ ١٥ - ٢٤ ١٢ = ١ ٠٠ ٣ الى شرقي العقدة فيصير خسوف ثان. ولا يحدث آخر في السنة لان في الشهر التالي تكون الشمس قد بعدت عن العقدة الى خارج الحد الخسوفي

لو كان موقع الشمس في اوّل السنة عند م١ اي ٣٦ ٤ الى غربي العقدة ن والقمر في الاستقبال ببرهن حسبما تقدم حدوث كسوف اربع مرات وخسوف ثلاث مرات في السنة

اصغر الحد الكسوفي ٤٣ ١٥ فتكون القوس لَ١ لَ٢ ٨٤ ٣٠ على اصغرها وذلك اطول من القوس التي تمر بها الشمس بين اقتران واقتران فيحدث بالاقل كسوف واحد بين لَ١ لَ٢ وواحد بين لَ٣ لَ٤ فلا بد من حدوث كسوف على الاقل مرتين كل سنة

الشمس تمر في الحد الخسوفي في اقل من شهر فقد لا يحدث خسوف في سنة

(٣٥٣) احتجاب القمر نجومًا . القمر في دورانه يتوسط بيننا وبين بعض النجوم فاختفاء نجم وراء القمر سُمّي احتجابًا وقد تحتجب به بعض السيارات ايضًا الواقعة في طريقه ولا فرق بين احتجاب نجم وكسوف غير ان النجوم الثوابت لا اختلاف لها ولا قطر يُشعَر به وكثيرًا ما يُعتمَد على الاحتجاب لاستعلام الطول كما سيأتي منفصلاً في القسم العملي ان شاء الله

(٣٥٤) بعض ظواهر الكسوف التام

(١) الاكليل (انظر الصورة الخامسة والسادسة)

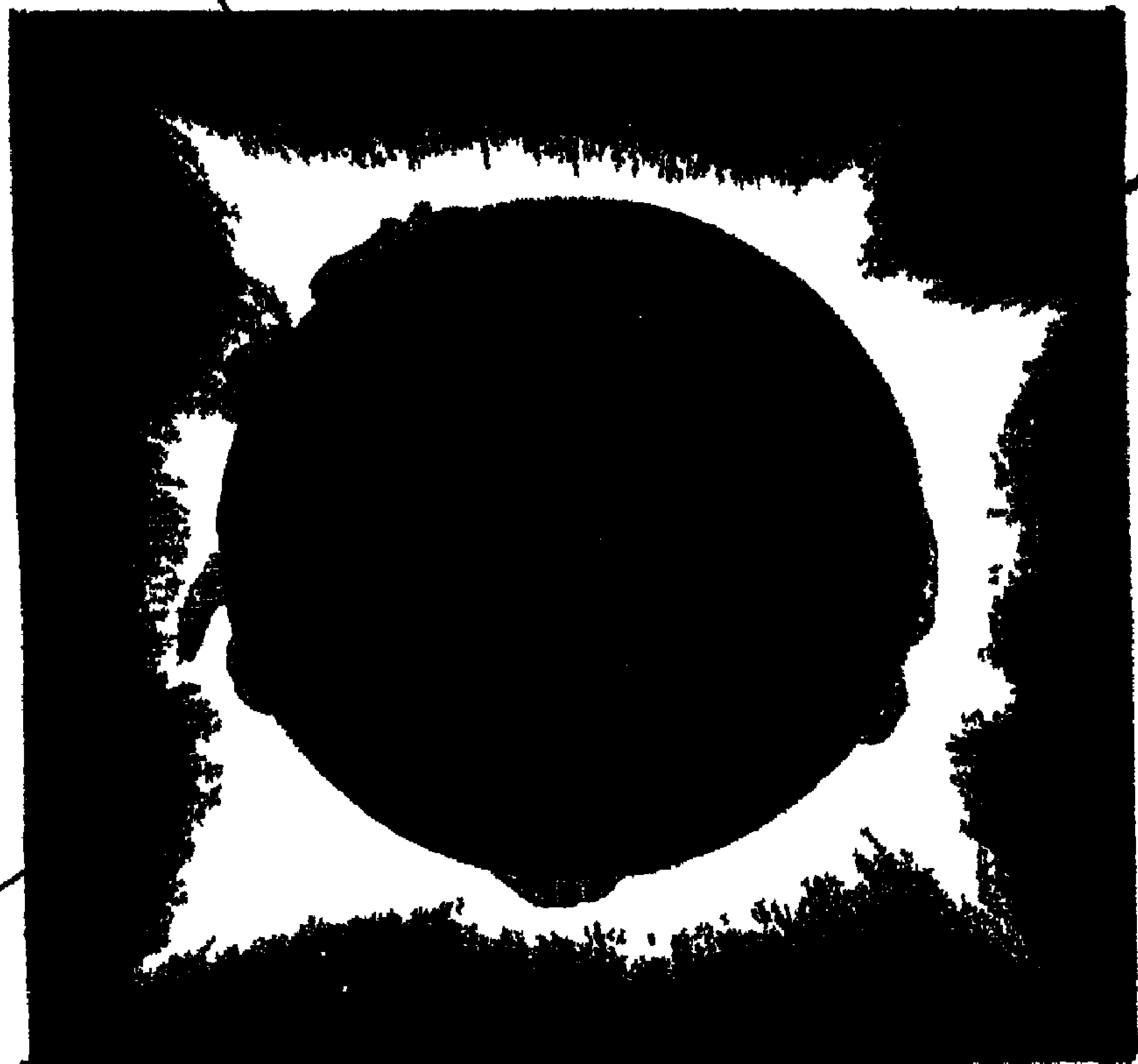
قبل احتجاب نور الشمس بظل القمر يبتدئ يظهر حولها نور متفرق الى بعد نحو ١٢ ' عن حرف الشمس حدودهُ غير مستوية يزيد في جهة وينقص في جهة ولا يثبت على حال. واختلف علماء الهيئة في هذا المنظر هل هو شمسي او ارضي هوائي او مركب منهما ولفض هذا المشكل رصدوهُ في الكسوفات الاخيرة بكل تدقيق بواسطة السبكتروسكوب والنور المقطب والنظارات القوية فتحقق انهُ شمسي وعللوا عنهُ بكونهِ انعكاس نور من مادة محيطة بالشمس فوق الهيدروجين على علو نحو ١٢ ' ولا يُعلَم عن تلك المادة شيءٌ غير ان السبكتروسكوب يظهر فيها خطًا في القسم الاخضر لا يوافقهُ خط آخر

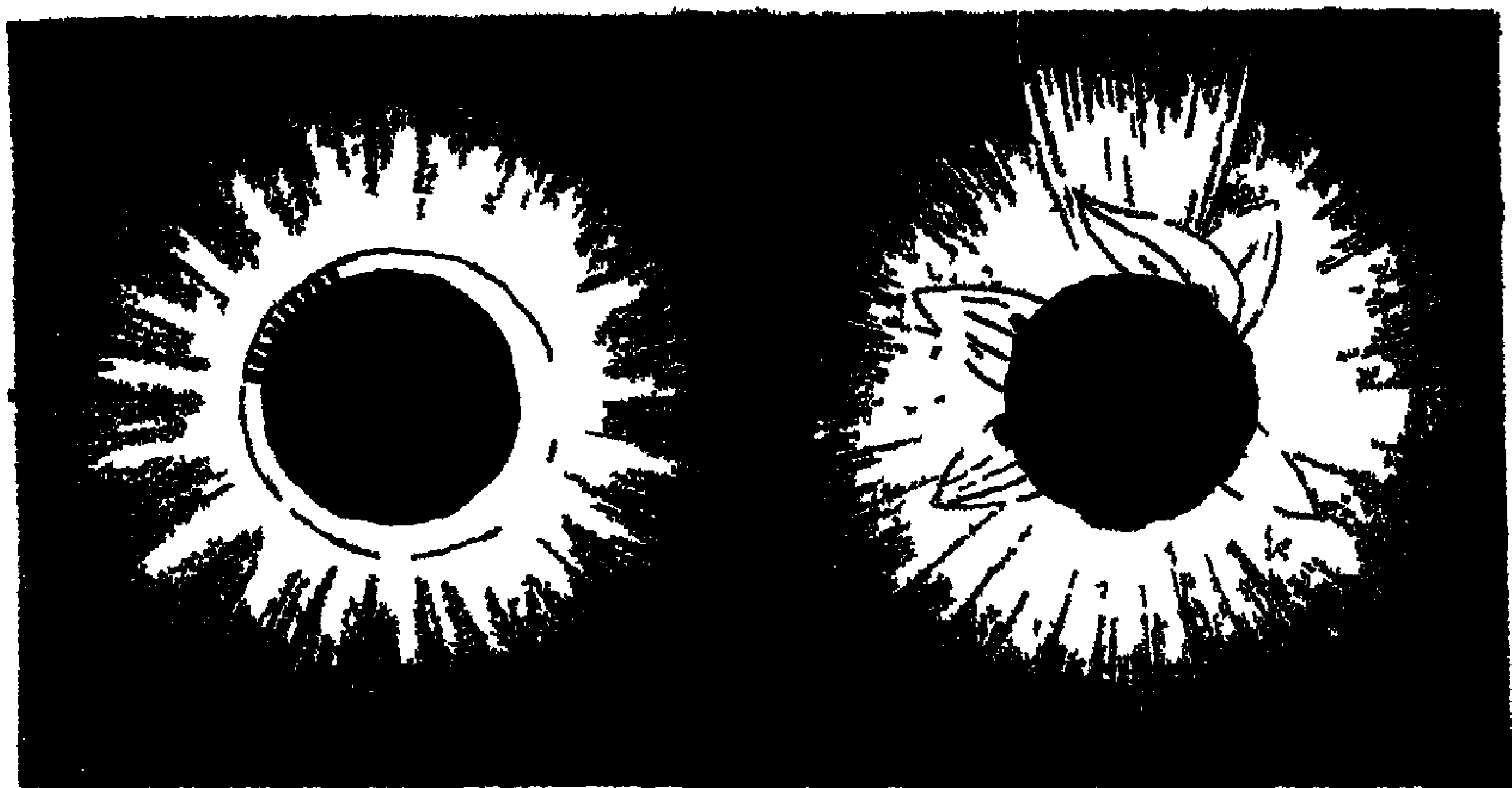
الصورة الخامسة





الصورة السادسة





معروف وهو خط ١٤٧٤ على مقياس كركهوف

ثم تحت المادة المذكورة هيدروجين على بعد نحو ٨' عن الشمس غير انهُ طبقتان الطبقة العليا تحت درجة الاشتعال ثم هيدروجين حامٍ الى درجة الاشتعال حتى يُرَى في وقت الكسوف على ارتفاع ٣' ثم الكروموسفير اي الكرة الملوَّنة على ارتفاع نحو ١' ثم تنتهي الى الكرة النيرة وخطوط الباريوم والنكل والصوديوم وغيرها من المواد المعروفة كما تقدم

(٢) خرز بِلي . عندما يبقى ظاهرًا من قرص الشمس خيطٌ دقيق فقط يُرَى احيانًا متقطعًا على شكل خرز سُمِّي خرز بلي انتسابًا الى السر فرنسيس بيلي اوَّل من لاحظها وعلتها مرور النور بين فروض جبال القمر وبين رؤوسها ولذلك تارةً تظهر واخرى لا تظهر اي متى وافق الخيط المشار اليهِ قسمًا من حرف قرص القمر متساويًا او قسمًا جبالهُ واطئة (انظر الصورة السادسة)

(٣) ومن روَى الكسوف الغريبة زوائد ونتوات حمر على حافة الشمس وتُرَى على كل قسم من حرفها تارةً عريضة واخرى دقيقة وتارةً عالية واخرى واطية وعلى هيئات واشكال مختلفة كما يُرَى من الصورة الخامسة وارتفاع بعضها ٨٠٠٠٠ ميل واحيانًا يرتد الراس الى جهة واحيانًا الى الجهة الاخرى واحيانًا تكون متصلة بالشمس واخرى منفصلة عنها وقد تُرَى هذه اللهب بواسطة السكتروسكوب في غير وقت الكسوف

عند حدوث كسوف تام او تام الى قليلاً يهبط الترمومتر وتُرَى بعض النجوم والحيوان يضطرب من غرابة حال الهواء والجوّ واذا كان الناظر مرتفعًا يرَى ظل القمر مقبلاً بسرعة من بعيد حتى يقع عليهِ فيبتدئ الكسوف

عند حدوث كسوف على الارض كان ناظر في القمر يرى نقطة مظلمة تعبر على قرص الارض وعند خسوف تام على الارض كان ناظر في القمر يرى نورا احمر ضعيف منكسرًا عليهِ بواسطة هواء الارض الكروي فتتراءى لهُ الشمس مثل حلقة حمراء مكدَّرة تحيط الارض اي يُزَاد قطر الشمس الظاهر بالانكسار نحو اربعة امثال

الصورة الخامسة صورة نتوات رآها لوكير في ١٤ اذار سنة ١٨٦٩ ١١ س ٥ د و ١١ س ١٥ د

الصورة السادسة صورة الاكليل في كسوف حدث ٧ آب سنة ١٨٦٩ وكسوف حدث في ٨ تموز ١٨٤٢ وكسوف حلقي حدث ١٥ ايار سنة ١٨٣٦ فيهِ تُرَى خرز بِلي

الفصل الثامن

في الطول والمدّ والجزر

(٣٥٥) من اعظم فوائد علم الهيئة الكشف عن كيفية استعلام الطول والعرض بها يُسلَك البحر بالامن وتعيين مواقع اماكن على سطح الارض وقد تقدَّم القول بكيفية استعلام العرض فلننظر الى كيفية استعلام الطول نظريًّا بالاختصار ونترك تفصيل الامر الى محلهِ في القسم العملي

(٣٥٦) يُستعلَم الطول بكل واسطة يُعرَف بها فرق الوقت بين مكانين فيتحوَّل الى درجات ودقائق وقد تقدم القول بذلك. اما الوقت في كل موضع فيُحسَب من لحظة وقوع قطر الشمس على الهاجرة

(٣٥٧) من اسهل الوسائط لمعرفة فرق الوقت بين مكانين ساعة محكمة لوقت احدهما ثم تُحمَل الى الآخر فيُرَى ما هو الوقت هناك . مثالهُ لو تحكمت ساعة على وقت بيروت ثم سافرنا حتى وصلنا الى مكان وقتهُ الظهر والوقت بالساعة المشار اليها ساعتان بعد الظهر فيكون المكان من بيروت ٣٠° الى الغرب وقد اصطُنِعت ساعات على غاية الدقة لاتخل اكثر من ثانية في سنة غير انها اذا انتقلت من موقع الى موقع ربمَّا يتغير سيرها فيعوَّل على عدَّةٍ منها ويوخذ معدل الوقت المدلول عليهِ بها

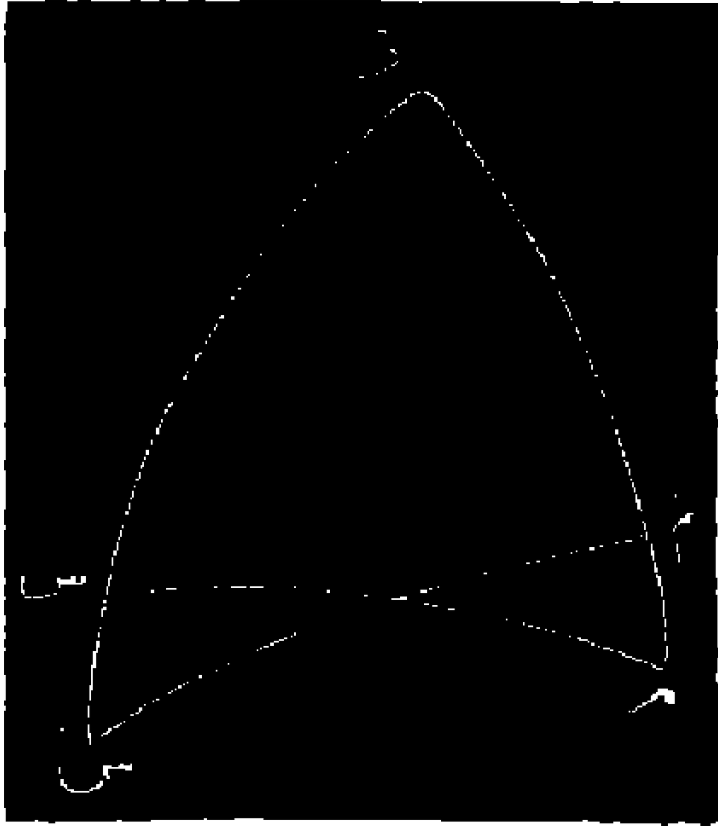
(٣٥٨) يُعرَف الفرق بين وقت مكانين ايضًا برصد خسوف اوكسوف فيهما وتعيين اوقات اوَّل الماسة وآخرها واوقات دخول اجزاء مفروضة من القمر في الظل . مثالهُ ان كانت اوَّل الماسة في مكان الساعة السادسة بعد الظهر وفي آخر الساعة السابعة بعد الظهر يكون المكان الثاني الى شرقي الاوَّل ساعةً اي ١٥° وصحة هذا العمل تتوقف على صحة استعلام الوقت الموضعي . ومن هذا الباب ايضًا استعلام الطول برصد خسوف اقمار المشتري

(٣٥٩) لما كان حدوث خسوف وكسوف واحتجاب نادرًا على نوعٍ ما فلا تصلح هذه الحوادث لاستعلام الطول في البحر حيث يقتضي معرفتهُ كل يوم ولذلك وُضِع في المنهاج السنوي بُعدُ القمر عن بعض النجوم والسيارات والشمس لكل ثلاث ساعات محسوبًا لهاجرة كرينويج فان قسنا البعد بينهما في مكاننا نحسب الوقت في كرينويج الذي فيهِ كان بينهما ذلك البعد ونعين الوقت في مكاننا عند الرصد فيُعرَف فرق الوقت بين المكانين . مثالهُ لو قسنا البعد بين القمر وزُحَل مثلاً

بالسدس او نجم بالقرب منهُ وكان ٧٢ََ والوقت الساعة التاسعة مساءً ووجدنا من المنهاج ان هذا البعد بينهما يقع في كرينويج الساعة الواحدة بعد نصف الليل فيكون فرق الوقت بين المكانين ٤ ساعات فيكون الطول ٦٠° غربًا

(٣٦٠) متى قسنا البعد بين القمر وجرم آخر بالسدس حسبما تقدم يكون لنا البعد الظاهر فيقتضي اصلاحهُ للاختلاف والانكسار وانخفاض الافق اي لنا البعد الظاهر والمطلوب البعد الحقيقي فيقتضي لذلك ان يرصد ثلاثة اشخاص معًا واحد يقيس ارتفاع القمر فوق الافق والثاني يقيس ارتفاع النجم فوق الافق والثالث يقيس البعد بين النجم والقمر وتتم الاقيسة في اللحظة الواحدة

ليكن زم (شكل ٩٨) بعد القمر الظاهر عن سمت الراس اي متم الارتفاع الظاهر ولكون اختلاف القمر اكثر من الانكسار ابدًا يكون مكانهُ الحقيقي اعلى من مكانهِ الظاهر اصلح الارتفاع الظاهر للاختلاف والانكسار واطرح الحاصل من ٩٠° فيكون لك البعد الحقيقي عن سمت الراس ولنفرضهُ زمَ وليكن زس متم ارتفاع الشمس او النجم الظاهر ولصغر اختلاف الشمس ولكون النجم عديم الاختلاف يكون الانكسار اعظم من الاختلاف فيهما فيكون المكان الحقيقي اوطا من الظاهر فلنفرضهُ زسَ وليكن



شكل ٩٨

م س البعد الظاهر بينهما فمن م ز زس س م نستعلم الزاوية ز المشتركة بين المثلثين م زس مَ زسَ ثم من هذه الزاوية والضلعين مَز زسَ نستعلم البعد الحقيقي مَ سَ ثم من المنهاج نجد اي متى كان على هذا البعد في كرينويج فلنا من ذلك فرق الوقت بين المكانين

(٣٦١) ان هذه الطريقة كثيرًا ما تُستعمَل في سلك البحر حيث لا يحتاج الى التدقيق الكلي ولا تصلح متى قُصِد التدقيق لسبب لزوم الضبط الكلي في قياس البعد الظاهر بين الجرمين لان خطاءً دقيقة واحدة في ذلك ينتج منهُ خطاءُ دقيقتين في الوقت = ½° اي ٣٠ ميلاً من الطول لان القمر يتحرك درجة تقريبًا في كل ساعتين او دقيقة من القوس في دقيقتين من الوقت

(٣٦٢) بعد اختراع السلك البرقي اي التلغراف استُخدِم لاجل استعلام فرق الوقت بين مكانين وبهِ استُعلِم ايضًا سرعة حركة المادة الكهربائية وذلك باتفاق سابق بين مكانين من جهة وقت ارسال المادة فالاختلاف بين لحظة ارسالها ولحظة وصولها يدل على مدَّة مرورها وبذلك قد وجد ان المادة الكهربائية تتحرك ١٦٠٠٠ ميل كل ثانية

اذا سافر احدٌ غربًا يطول يومهُ ساعة لكل ١٥° ويطول ٤ دُ لكل درجة واذا سافر شرقًا يقصر يومهُ على هذا النسق تمامًا . فاذا تقدم غربًا الى ان يعود الى المكان الذي انطلق منهُ يكسب

يوماً كاملاً اي خامس الشهر مثلاً يكون عنده الرابع منه والثلاثاء في المكان يكون عنده الاثنين وبالعكس اذا سافر شرقاً فاذا التقى المسافران بعد الدوران الكامل يختلف وقتهما يومين

في المدّ والجزر

(٢٦٣) المدّ هو ارتفاع ماء البحر والجزر هبوطه وذلك يحدث في اوقات معينة متساوية ويحدث ثانٍ في وقتٍ واحد في الجهات المتقابلة من الارض اي متى كان معظم المدّ في مكان يكون كذلك في الجهة المتقابلة من الارض ويكون معظم الجذر على نصف البعد بينهما وبين مدٍ ومدٍ ١٢ʰ ٢٥ᵐ اي ان حسبنا مدّاً واحداً دار حول الكرة يرجع الى حيث انتقل منه ٥٠ᵐ بعد الساعة التي فيها كان هناك قبل وهذه الحركة تساوي حركة القمر اليومية تقريباً لان اليوم القمري اي دوران القمر من الهاجرة الى الهاجرة = ٢٤ʰ ٥٠ᵐ ٢ᵈ

معدّل ارتفاع المدّ للكرة كلها = ½ ٢ قدم تقريباً غير انه لاسباب مكانية يرتفع في بعض الاماكن ٦٠ او ٧٠ قدماً وفي البعض الآخر لا يُشعَر بهِ اصلاً كما في الابحر والبحيرات المحاطة بالبر كبحر قزبين وبحر ارال والبحر المتوسط

(٢٦٤) علة المد والجزر هي عدم تساوي جاذبية القمر والشمس في اجزاء مختلفة من الارض فالنصف المتجه نحو القمر يُجتذب اكثر من النصف المتقابل والماء على الجانب الاقرب يطيع تلك الجاذبية ويرتفع الى ذلك الجانب والماء على الجانب الابعد يجتذب اقل من الاجزاء الجامدة تحتهِ فكأنّ تلك الاجزاء تسبق الماء ساقطةً الى نحو القمر فيرتفع الماء في ذلك الجانب ايضاً

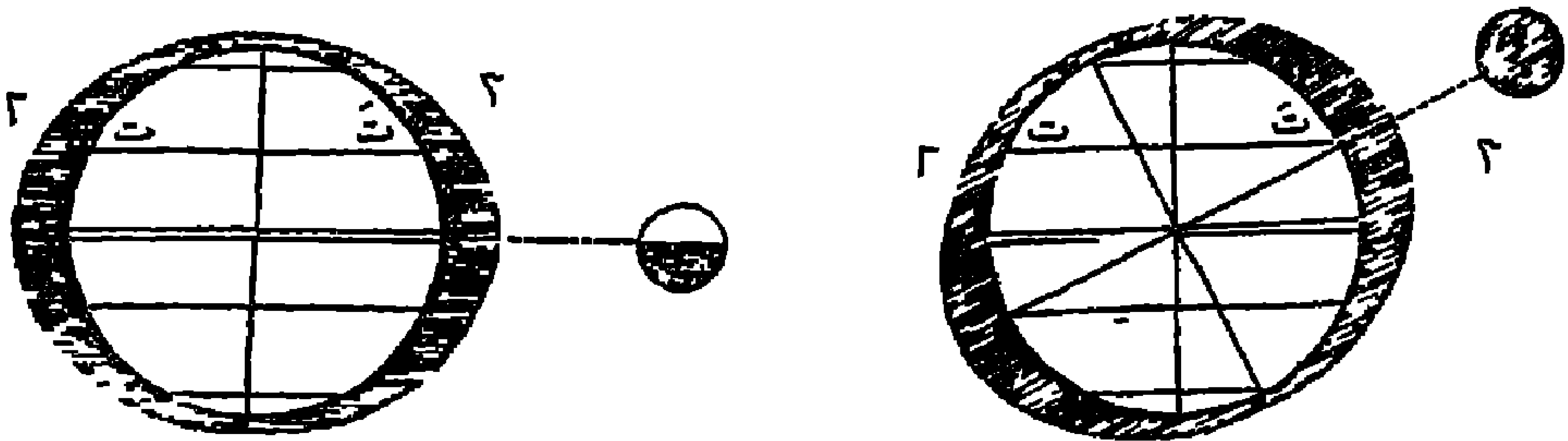
(٢٦٥) الجزء الاعلى من الماء سُمّي موج المدّ ولولا بعض الموانع لكان هذا الموج تحت القمر ابداً تابعة حول الكرة اما الماء فلسبب السكون لا يطيع الجاذبية حالاً وحركة الماء على قعر البحر وعلى الشطوط تعين ايضاً على تاخير تاثير الجاذبية فيهِ ولذلك لا يحدث المد في مكانٍ حتى بعد مرور القمر على هاجرتهِ بعض الساعات ويختلف الوقت باختلاف الاماكن واسبابها الموضعية

(٢٦٦) معدّل بعد الشمس عن الارض هو ٣٣٢ ٣٧٢ مرة بعد القمر عن الارض وبذلك تقلّ جاذبيتها (٣٣٢ ٣٧٢)² اي ١٣٩٢٧٥ مرة غير ان مادة الشمس اكثر من مادة القمر على نسبة ٢٥١٨٠٨٠٠ : ١ وذلك اكثر كثيراً من نسبة ١٣٩٢٧٥ : ١ فكان يُظَنّ ان جاذبية الشمس تفوق جاذبية القمر على نسبة ٢٥١٨٠٨٠٠ : ١٣٩٢٧٥ والامر ليس كذلك لان معدّل بعد الشمس عن الارض هو ١١٥٢٧ مرة قطر الارض والفرق بين بعدها عن جانب واحد من الارض وعن الجانب المتقابل = $\frac{١}{١١٥٢٧}$ من البعد كلهِ والمد حاصل من عدم تساوي الجاذبية على جانبي الارض

وكل ما زاد التفاوت بينهما زاد المدّ الناتج وبالقلب . اما القمر فبعدهُ ٣٠ مرة قطر الارض والفرق بين بعدهِ عن جانب وبعدهِ عن الجانب المتقابل = $\frac{1}{٣٠}$ من البعد كلهِ. فالفرق الذي عليهِ يتوقف ارتفاع موج المدّ اعظم باعتبار القمر مما هو باعتبار الشمس على نسبة ٥٨ : ٢٣ او $\frac{1}{٢}$ ٢ : ١ فالمد اذًا نوعان شمسي وقمري

(٢٦٧) متى كان الشمس والقمر مقترنين او متقابلين تفعل جاذبيتها على خطٍ واحد وعند التربيعين يكون خط جاذبية القمر عمودًا على خط جاذبية الشمس ولذلك يكون اعظم المدّ عند الاقتران والاستقبال اي كل شهر مرتين ولا يحدث ذلك في نفس وقت الاقتران والاستقبال بل بعدهما ٣٦ ساعة للاسباب المذكورة سابقًا

(٢٦٨) فعل الشمس والقمر في المدّ هو بالقلب ككعب البعد وتغيير بعد الشمس قلما يؤَثر في فعلها في المدّ لقلتهِ بالنسبة الى بعدها ولكن تغيير بعد القمر لهُ تاثير كلي في فعلهِ بالمدّ فنرى المدّ الحادث متى كان القمر في الاوج اعظم ما يحدث وهو في الحضيض فان اتفق وقوعهُ في الاوج عند الاقتران او الاستقبال يحدث مدٌّ عالٍ جدًّا وان حدث ذلك عند الاعتدال يحدث اعلى امداد السنة



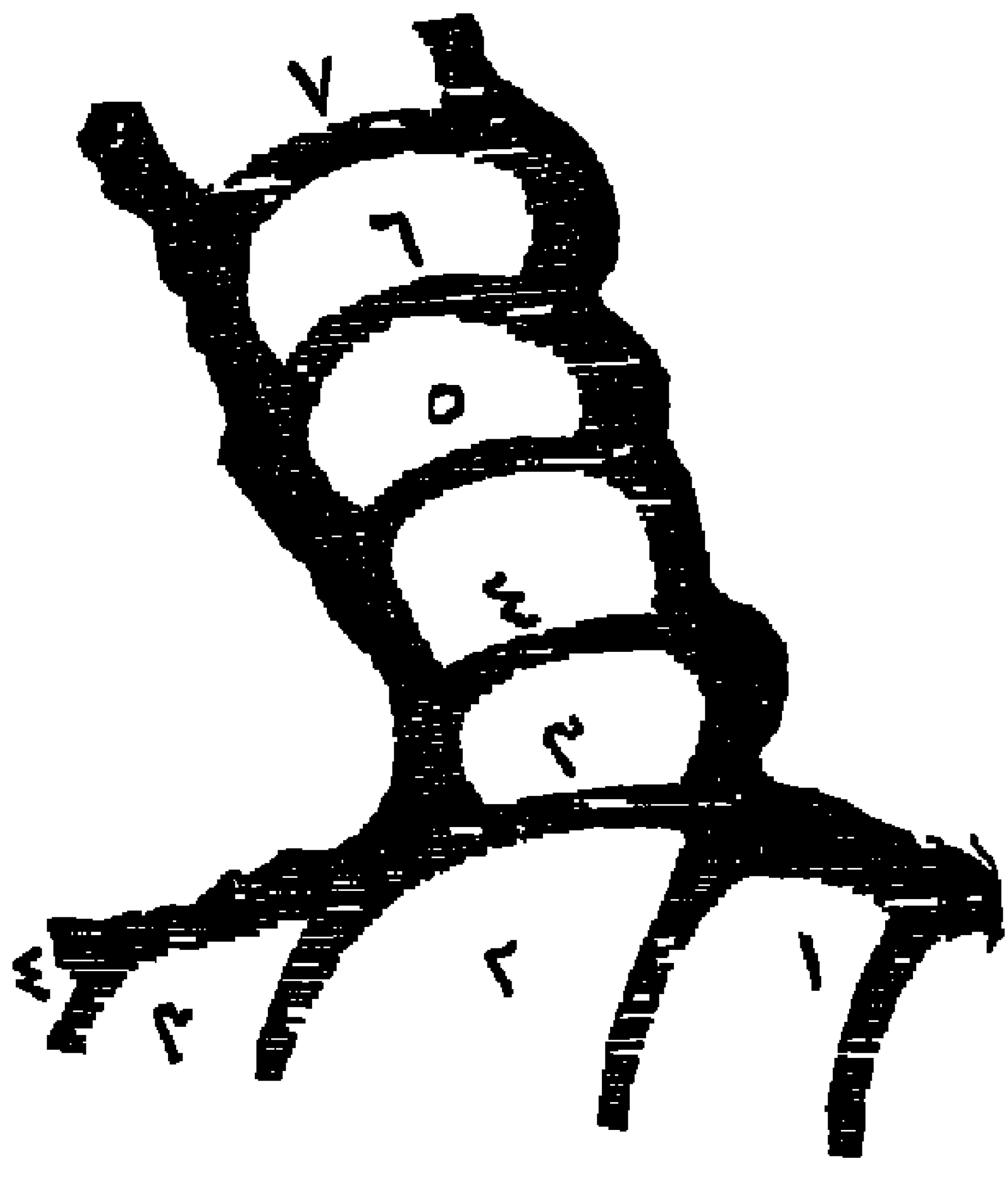
شكل ٩٩

(٢٦٩) ثم ان ميل القمر والشمس يؤَثر كثيرًا في المدّ فمتى كان القمر على خط الاستواء يكون اعلى المدّ هناك وفي الجهة المتقابلة ويكون اقصر جذر عند القطبين ما دام القمر على خط الاستواء (شكل ٩٩) فموضع عند ت او تَ يكون اعظم مدّهِ ت ٢ و تَ ٢ ومتى كان القمر في ميلهِ الاعظم على جانب ت وتَ من خط الاستواء يكون عند ت او تَ معظم المدّ تَ ٢ متى كان القمر فوق الافق واقصر الجزر ت ٢ متى كان تحتهُ وبالعكس متى كان ميلهُ على الجانب الآخر من خط الاستواء

(٢٧) المدّ والجزر في خلجان واخوار وانهار لا يحصلان من جاذبية القمر على مياهها نفسها بل من امواج تتوزع من موج المدّ الكبير المشار اليهِ سابقًا ويُسمَّى مدًّا فرعيًّا والاوَّل يُسمَّى اصليًّا •

(٢٧١) ان سرعة حركة تلك الامواج تختلف باختلاف الشطوط والعمق وجهة المجرى وعرضهِ مثالهُ ان كان ١ و٢ و٣ و٤ (شكل ١٠٠) الموج الكبير الاصلي مارًّا الى الغرب و٣ و٤ و٥

الخ الامواج الفرعية صاعدة في خليج او نهر فتراها تسرع في الوسط وتتاخر عند الشطوط وعند الجزر ينعكس المجرى وعندما يلتقي الموج الكبير بماء نهر عظيم عند مصبهِ يرتفع الماء مثل حائط رفيع ويحصل من ذلك احيانًا خطر جزيل للسفن كما يحدث عند مصب نهر امازون ونهر الكنك وغيرهما ومتى اتفقت الريح وموج المدّ يرتفع اكثر مما كان لولا ذلك



شكل ١٠٠

(٣٧٢) اعلى المدّ يُرَى في خليج فوندي في اسكونسيا الجديدة حيث يرتفع احيانًا ٧٠ قدمًا وكذلك في مصب نهر سڤرن بقرب مدينة برستول حيث يرتفع ٧٠ قدمًا احيانًا ويُعلَّل عن زيادة ارتفاع المدّ في خليج فوندي بالتقاء الموج الكبير الجاري شمالاً من الاوقيانس الجنوبي بالموج الجاري جنوبًا من الاوقيانس الشمالي

اما البحيرات والابحر المحاطة بالبر فليس لها مدّ وجزر يُشعَر بهِ

(٣٧٣) فمن الامور العامة المتعلقة بالمدّ والجزر هذه السبعة

(١) في يوم توليد القمر يقطع القمر والشمس الهاجرة معًا اي الظهر وبعد مرورهما بالهاجرة مدة تختلف باختلاف الاماكن وثابتة في مكان مفروض ابدًا يبلغ المدّ معظمهُ وبعدما يبلغ معظمهُ ياخذ بالجزر وينتهي الى معظم الجزر بعد ٦ س ١٣ د ثم يرتفع ايضًا ٦ س ١٣ د فيبلغ معظمهُ ثانية ثم يهبط ٦ س ١٣ د ثم يمد ٦ س ١٣ د اي يبلغ معظم الارتفاع مرتين كل ٢٤ ساعة و٤٨ د وكذلك معظم هبوطهِ مرتين في ٢٤ س ٤٨ د فسُمي يومًا مديًا

(٢) يوم البدر يقطع القمر الهاجرة بعد الشمس ١٢ س اي في نصف الليل فيصير المدّ والجزر كما تقدم

(٣) الوقت يتبع حركة الشمس اليومية الظاهرة والمدّ الشمسي يحدث في مكان مفروض في ساعة واحدة ابدًا اما المدّ القمريّ وهو الاعظم ولذلك يؤثر في كل رؤية المدّ والجزر فيتاخر كل يوم ٤٨ د ٤٤ ث فينفصل عن المدّ الشمسي شرقًا متاخرًا وعند التربيع الاوّل والثالث يحدث المدّ القمري عند الجزر الشمسي فارتفاع المدّ وانخفاض الجزر هو فضلة المدّ الشمسي والقمري فيحصل ما سُمّي المدّ القاصر

(٤) ارتفاع المدّ عن مساواة الماء وقت الجزر سُمّي شوْط المدّ

(٥) مدُّ الربيع الحادث ٣٦ س بعد الاقتران او الاستقبال اعظم من غيره شوطًا

(٦) اقصر المدّ هو الحادث ٣٦ ساعة بعد وقوع القمر في التربيع

(٧) المدّة بين الظهر ومعظم المدّ هي هي في يوم التوليد ويوم البدر وتلك المدة سُمّيت قانون المرفإ ان سرعة موج المدّ مختلفة فلو غطى الماء كل سطح الارض على حدٍّ سوى لكانت السرعة نحو ١٠٠٠ ميل ونيِّف كل ساعة اي ٧٩٢٦ X ١٤١٥ ÷ ٢ + ٨ ÷ ٢٤ ولا يبلغ هذه السرعة في مكان على الشاطئ غير انه قد يبلغها في الاوقيانس الجنوبي

في عرض ٦٠ جنوبي سرعته	٦٧٠ ميلاً
في الاوقيانس الاتلانتيكي	٧٠٠ ميل
بين الجزائر الغربية وايرلاندا	٥٠٠ "

وفي بعد المحال ١٦٠ وفي البعض ٦٠ وفي البعض ٣٠ ميلاً في الساعة

الفصل التاسع

في السيَّارات مطلقًا وفي السيَّارات السفلى خاصةً

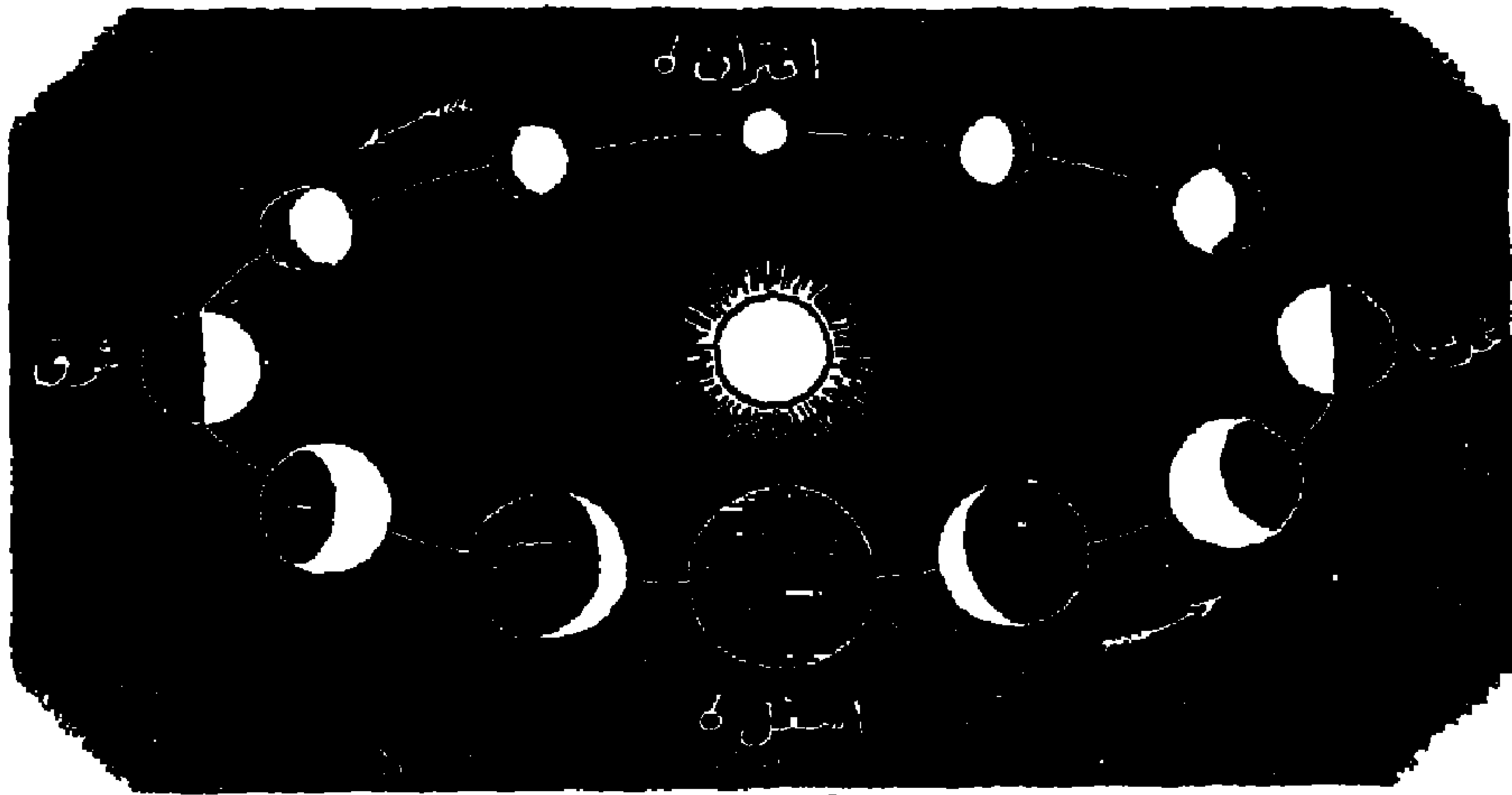
(٢٧٤) السيارات اجرام مظلمة تستمد نورها من الشمس وتدور حولها على مسافات مختلفة في مدَّات مختلفة وبينها تفاوت عظيم جرمًا وكثافةً وسُمّيت سيارات لانتقالها من موضع الى موضع في القبة السماوية فتتغير مواقعها بين النجوم منها بسرعة ومنها ببطوء خلاف النجوم الثوابت التي لا تتغير مواقعها بنسبة بعضها الى بعض الَّا بعد اقران كثيرة وقد انقسمت السيارات الى قسمين وهما السيارات السفلى والسيارات العليا اما السفلى فهي التي افلاكها داخل فلك الارض وهي ثلاثة فلكان وعطارد والزهرة واما العليا فهي التي افلاكها خارج فلك الارض وهي خمسة المرّيخ والمشتري وزُحَل واورانوس ونبتون فجملة السيارات الكبار مع الارض تسعة وبين فلك المرّيخ وفلك المشتري اجرام كثيرة صغيرة تدور حول الشمس ايضًا كلٌّ واحد في فلكهِ سُمّيت الشبيهات بالسيارات وسُمّيت ايضًا النُجَيمات وقد انكشف منها ١٢٥ جرمًا وهي تحت زيادة لان عددها الحقيقي غير معروف

ولبعض السيارات اقمار تدور حولها وتدور معها حول الشمس فللارض قمر واحد وللمشتري اربعة اقمار ولزُحَل ثمانية ولاورانوس اربعة على الاصح ولنبتون قمر فجملة الاقمار ١٨ قمرًا فكل هذه الاجرام اي ٩ + ١٨ = ٢٧ جرمًا معروفًا مع النجيمات المعروفة الى الآن ١٢٥ + ٢٧ = ١٦٣ مع الشمس

يتألف منها ما سمي في عرف علماء الهيئة النظام الشمسي

وكل هذه الاجرام تتحرك من الغرب الى الشرق في دورانها حول الشمس الّا اقمار اورانوس ونبتون . اما النجيمات المعروفة فتتحرك من الغرب الى الشرق ايضًا غير ان سطوح افلاكها مائلة على سطح دائرة البروج اكثر من سطوح افلاك السيارات الكبار فقد بلغ ميل فلك بعضها على سطح دائرة البروج ٣٤° فلكون الحركة من الغرب الى الشرق بين البروج هي الغالبة سُمّيت حركة مستقيمة والحركة من الشرق الى الغرب سُمّيت متقهقرة

اما الناظر الى هذه الاجرام من الشمس فيراها جميعًا تدور من الغرب الى الشرق بين البروج ابدًا خلاف الناظر اليها من الارض فانهُ يراها تارةً تتقدّم بين البروج من الغرب الى الشرق واخرى تتقهقر من الشرق نحو الغرب كما سياتي بيانهُ



شكل ١٠١

اما السيارات السفلى فلا تُرَى الّا الى جهة الشمس والعليا تُرَى تارةً الى جهة الشمس واخرى في الجهة المقابلة من السماء فللسيار الاعلى اقتران ☌ واستقبال ☍ اما السيار السفلي فلهُ اقتران فقط فمتى كانت الارض على جانب واحد من الشمس والسيار على الجانب المتقابل منها قيل انهُ في الاقتران الاعلى ومتى كان بين الارض والشمس قيل انهُ في اقتران اسفل وبعدهُ عن الشمس شرقًا او غربًا اي الزاوية الحادثة بين خط من مركز الارض الى مركز الشمس وآخر الى مركز السيار سُمّيت تباينهُ فمتى كان الى شرقي الشمس يغيب بعدها فيكون نجم الغروب ومتى كان الى غربها يشرق قبلها فيكون نجم الصبح ومتى كان في الاقتران الاعلى يكون كل وجههِ المنوَّر نحو الارض فيكون بدرًا ومتى كان في الاقتران الاسفل يكون هلالاً وكل ذلك يتضح من شكل ١٠١

السيار الاسفل بين معظم تباينهِ شرقًا ومعظم تباينهِ غربًا يتحرك حركة متقهقرة مارًّا على الاقتران الاسفل وبين معظم تباينهِ غربًا ومعظم تباينهِ شرقًا يتحرك حركة مستقيمة مارًّا على الاقتران الاعلى

ومتى توسط بين الارض والشمس تمامًا يقع ظالهُ على سطح الشمس فتُرى نقطة سوداء تعبر على قرص الشمس وهذه الرؤية سُميت عبورًا

ومن الامور التي تشترك فيها كل السيارات

(١) تدور حول الشمس الى جهة واحدة اي من الغرب الى الشرق اي الى عكس حركة عقرب الساعة لناظر على الجانب الشمالي من دائرة البروج

(٢) افلاكها هليلجيات غير انها لا تختلف كثيرًا عن دوائر

(٣) افلاكها مائلة على دائرة البروج وتقطعها في نقطتين متقابلتين سُميّتا العقدتين فنصف فلك السيار الى شمالي فلك الارض والنصف الآخر الى جنوبيهِ

(٤) هي اجرام مظلمة تُرى بواسطة نور الشمس المنعكس منها الينا

(٥) تدور على محورها مثل الارض كما يعلم في اكثرها بالرصد ويقاس المجهول على المعروف فلها تعاقب الليل والنهار غير ان ايامها تختلف عن ايامنا طولاً

(٦) على موجب قواعد الجاذبية حركتها اسرع في الاقسام من الافلاك الاقرب الى الشمس وابطا في الاقسام البعيدة عن الشمس اي اسرع عند نقطة الراس وابطا عند نقطة الذنب

وكل السيارات خاضعة لقواعد كپلر اي

(١) تدور في هليلجيات والشمس في احد المحترقين

(٢) القطر الحامل يمر على مساحات متساوية في اوقات متساوية

(٣) مربعات المدّات تناسب كعوب معدّل الابعاد اي اذا انقسمت مربعات المدّات على كعوب معدّل الابعاد يكون الخوارج متساوية كما يُرى من هذه القائمة والفرق بين الكميات في العمود الرابع هو من خطا في الرصود وقد تُركت فيها الفاصلة الدالة على الكسور العشرية

سيار	معدل بعد = a	مدّات = p	$\frac{p^2}{a^3}$
فلكان	٠٫١٤٣	١٩٫٧	١٣٣٧١٦
عطارد	٠٫٣٨٧١٠	٨٧٫٩٦٩	١٣٣٤٣١
الزهرة	٠٫٧٢٣٣٣	٢٢٤٫٧٠١	١٣٣٤١٣
الارض	١٫٠٠٠٠٠٠	٣٦٥٫٢٥٦	١٣٣٤٠٨
المريخ	١٫٥٢٣٦٩	٦٨٦٫٩٧٩	١٣٣٤١٠
سيرس	٢٫٧٧٦٩٢	١٦٧٩٫٨٥٥	١٣٣٣١٠
المشتري	٥٫٢٠٢٧٧	٤٣٣٢٫٥٨٥	١٣٣٣٩٤

سيار	معدّل بعد = a	مدّات = p	$\frac{p^2}{a^3}$
زُحَل	٩٫٥٣٨٧٨	١٠٧٥٩٫٢٢٠	١٣٣٤٠١
اورانوس	١٩٫١٨٣٣٩	٣٠٦٨٦٫٨٢١	١٣٣٤٢٣
نبتون	٣٠٫٠٣٦٨٠	٦٠١٢٦٫٧١٠	١٣٣٤٠٥

وهذه القاعدة تصحّ ايضًا في الاقمار كما ترى من قوائمها هذه

قائمة اقمار زُحَل

	a	p	$\frac{p^2}{a^3}$
ميماس	٣٫٣٦	٫٩٤	٢٣٧٦٣
انكيلادس	٤٫٣١	١٫٣٧	٢٣٤٤٣
تثيس	٥٫٣٤	١٫٨٨	٢٣٢١١
ديوني	٦٫٨٤	٢٫٧٣	٢٣٢٨٩
رهيا	٩٫٥٥	٤٫٥١	٢٣٣٥٣
تيتان	٢٢٫١٤	١٥٫٩٤	٢٣٤١٣
هيبريون	٢٨٫٠٠	٢١٫٣٩	٢٠٦٤٨
يابيتوس	٦٤٫٣٦	٧٩٫٣٣	٢٣٦٠٦

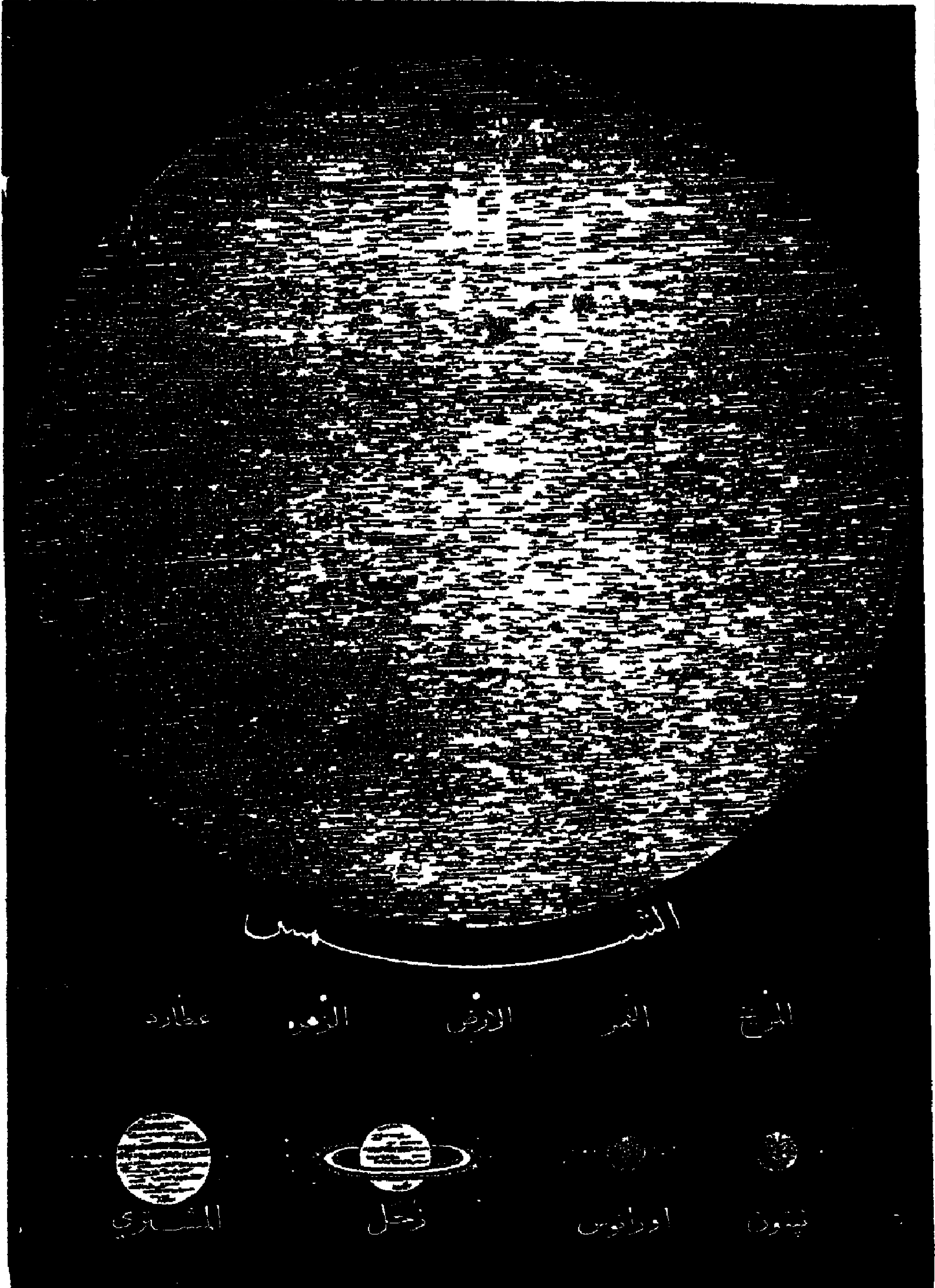
اقمار المشتري

	a	p	$\frac{p^2}{a^3}$
١	٢٫٠٥	١٫٧	١٤١٤٧
٢	٩٫٦٢	٣٫٥٥	١٤١٥٦
٣	١٥٫٣٥	٧٫١٥	١٤١٣٥
٤	٢٦٫٩٩	١٦٫٦٩	١٤١٦٨

اقمار اورانوس

	a	p	$\frac{p^2}{a^3}$
١	٧٫٤٤	٢٫٥٢	١٥٤٢٠
٢	١٠٫٣٧	٤٫١٤	١٥٣٧٠
٣	١٧٫٠١	٨٫٧١	١٥٤١٤
٤	٢٢٫٧٥	١٣٫٤٦	١٥٣٨٧

اما سبة السيارات بعضها الى بعض جرماً فيعين على تصوُّرها ما قبل في ذلك في آخر الحدود (انظر صحيفة ١٣)



شكل ٣ ١ اقدار الشمس والسيارات واقمارها السبعة

قد اشتهر بُود من برلين في سنة ١٧٧٨ قاعدة كشفها تيتيوس من وتمبرج وقد أُطلِق عليها قانون

بود انتسابًا للذي اشهرهُ اولاً وهو هذا

خذ السلسلة الهندسية

٠ ٣ ٦ ١٢ ٢٤ ٤٨ ٩٦ ١٩٢ ٣٨٤

اضف الى كل عدد ٤ واقسم على ١٠ فتصير

٫٤ ٫٧ ١٫٠ ١٫٦ ٢٫٨ ٥٫٢ ١٠٫٠ ١٩٫٦ ٣٨٫٨

فهذه الاعداد تدل على ابعاد السيارات عن الشمس بالتقريب اي امثال نصف قطر فلك الارض في بعد كل سيار كما يُرَى من هذه القائمة

سيار	بعد عن ☉ الحقيقي	بعد حسب قانون بود
عطارد	٫٣٨٧	٫٤ او ٫٤٠٠
الزهرة	٫٧٢٣	٫٧ " ٫٧٠٠
الارض	١٫٠٠	١٫٠ " ١٫٠٠٠
المرّيخ	١٫٥٢٣	١٫٦ " ١٫٦٠
سيرس	٢٫٧٦٦	٢٫٨ " ٢٫٨٠
المشتري	٥٫٢٠٢	٥٫٢ " ٥٫٢٠
زُحَل	٩٫٥٣٩	١٠٫٠ " ١٠٫٠٠
اورانوس	١٩٫١٨٢	١٩٫٦ " ١٩٫٦٠
نبتون	٣٠٫٠٣٧	٣٨٫٨ " ٣٨٫٨٠

ولما اشهر بود هذا القانون لم يكن قد أكتشف احد النجيمات وإذ لاحظ الخلاء بين ١٦ و٥٢ انبأ بكشف سيار في المسافة بين المرّيخ والمشتري . معظم الخلل في هذا القانون هو في بعد نبتون كما ترى من القائمة ولعلَّ ذلك من خلل في رصد السيار وخلاصة هذا القانون هو

ان المسافة بين سيارين هي مضاعف المسافة بين المتواليين الاسفلين ونصف المسافة بين المتواليين الاعليَين

فقد انقسمت السيارات بجملة النجيمات الى قسمين الاوّل القسم الداخلي اي عطارد والزهرة والارض والمرّيخ والثاني القسم الخارجي اي المشتري وزُحَل واورانوس ونبتون ومن اوجه الاختلاف بين القسمين هذه الثلاثة

(١) سيارات القسم الاوّل لا اقار لها ما عدا الارض ولكلٍّ من سيارات القسم الثاني اقار
(٢) نسبة معدّل كثافة القسم الاوّل الى كثافة القسم الثاني :: ٥ : ١ تقريبًا

(٢) معدّل طول يوم القسم الاوّل اي مدّة دوران هذه السيارات على محورها اطول من يوم القسم الثاني فمعدّل يوم القسم الاوّل ٢٣ س ٥٩ د ٤٥ ث ومعدّل يوم القسم الثاني ٩ س ٥٨ د ٣٠ ث

	اسم	مادّة	كثافة	ثقل نوعي
☉	الشمس	٣٥٤٠٠٠٫	٠٫٢٥	١٫٤
☿	عطارد	٠٫١٢	٢٫٧٨	١١٫٠
♀	الزهرة	٠٫٨٨	٠٫٩٧	٥٫٣
⊕	الارض	١٫٠٠	١٫٠٠	٥٫٥
♂	المرّيخ	٠٫١٣	٠٫٧٢	٣٫٩
♃	المشتري	٣٢٨٫٠٣	٠٫٢٤	١٫٣
♄	زُحَل	١٠١٫٠٦	٠٫١٣	٠٫٧
♅	اورانوس	١٤٫٧٩	٠٫١٥	٠٫٨
♆	نبتون	٢٤٫٦٥	٠٫٣٧	١٫٥

افطار الشمس والسيارات وجرمها

		قطر	قطر ظاهر	جرم
☉	الشمس	٨٥٢٥٨٤	٣٢ʹ	١٢٤٥١٣٠
☿	عطارد	٢٩٥٠	٠ʹ ٨ʺ	١/١٩
♀	الزهرة	٧٨٠٠	٠ʹ ١٧ʺ	٩/١٠
⊕	الارض	٧٩١٣		١
♂	المرّيخ	٤٥٠٠	٠ʹ ٦ʺ	١/٦
♃	المشتري	٨٩٠٠٠	٠ʹ ٣٧ʺ	١٤٠٠
♄	زُحَل	٧٩٠٠٠	٠ʹ ١٦ʺ	١٠٠٠
♅	اورانوس	٣٥٠٠٠	٠ʹ ٤ʺ	٨٦
♆	نبتون	٣١٠٠٠	٠ʹ ٢ʺ	٦٠

فيُرَى من هذه القائمة ان نسبة

قطر المشتري : قطر الارض :: ١١ : ١ تقريبا

" زُحل : " الزهرة :: ١٠ : ١ "

" اورانوس : " المرّيخ :: ٨ : ١ "

قطر نبتون	:	قطر عطارد	::	١٠	:	١	تقريبًا
المجتمع	:	المجتمع	::	١٠	:	١	"
" الشمس	:	المشتري	::	١٠٠٠	:	١	"
" الشمس	:	الكل	::	٧٠٠	:	١	"

ومن الامور الاتفاقية المستحقة الاعتبار في هذه الاجرام

(١) انه اذا ضُرِب قطر الارض (٧٩١٢ ميلاً) في ١٠٨ = ٨٥٤٤٩٦ = ± قطر الشمس اميالاً

(٢) اذا ضُرِب قطر الشمس (٨٥٢٥٨٤) X ١٠٨ = ٩٢٠٧٩٠٧٢ = ± معدل بعد الارض عن الشمس

(٣) اذا ضُرِب قطر القمر (٢١٦٠) ميلاً) X ١٠٨ = ٢٣٣٢٨٠ = ± معدّل بعد القمر عن الارض

بعد السيارات عن الشمس

اسم	معظم	اقرب	معدّل
عطارد	٤٢٦٦٥٥٦٠	٢٨١١٩٧١٦	٣٥٣٩٢٦٣٨
الزهرة	٦٦٥٨٥٩٤٧	٦٥٦٧٧٠٠٩	٦٦١٣١٤٧٨
الارض	٩٢٩٦٥٤٨٩	٨٩٨٩٤٩٥١	٩١٤٣٠٢٢٠
المرّيخ	١٥٢٢٨٣٩٢٦	١٢٦٣٤٠٥١٦	١٣٩٣١٢٢٢٦
النجيمات		-	٢٤٥٠٠٠٠٠٠
المشتري	٤٩٨٦٠٣٧٦٨	٤٥٢٧٨٢٥٣٠	٤٧٥٦٩٣١٤٩
زُحَل	٩٢١١٠٥٠٢٧	٨٢٣١٦٤١٣٩	٨٧٢١٣٤٥٨٣
اورانوس	١٨٣٥٧٠٠٨٢٥	١٦٧٢٠٠١٢٧٩	١٧٥٣٨٥١٠٥٢
نتون	٢٧٧٠٢١٧٣٤٤	٢٧٢٢٣٢٥١٢٠	٢٦٤٦٢٧٢٢٣٢

دوران السيارات النجمي واليومي

اسم	دوران نجمي اشهرًا	دوران نجمي اياما	حركة يومية معدّل	دوران على المحور
عطارد	٣ اشهر	٨٧٫٩٦٩	٤° ٥′ ٣٢٫٦″	٢٤٫٩١ ساعة
الزهرة	٧ ½ "	٢٢٤٫٧٠١	١ ٣٦ ٧٫٧	٢٣٫٣٥ "
الارض	١ سنة	٣٦٥٫٢٥٦	٠ ٥٩ ٨٫٣	٢٤٫٠٠ "
المرّيخ	٢ "	٦٨٦٫٩٨٠	٠ ٣١ ٢٦٫٥	٢٤٫٦٦ "

اسم	دوران نجمي اشهرًا	دوران نجمي اياماً	حركة يومية معدّل	دوران على المحور
النجيمات	٤ ½ "			
المشتري	١٢ "	٤٣٣٢،٥٨٥	٠° ٤' ٥٩،١"	٩،٩٣ ساعة
زُحَل	٢٩ "	١٠٧٥٩،٢٢٠	٠ ٢ ٠،٥	١٠،٤٨ "
اورانوس	٨٤ "	٣٠٦٨٦،٨٢١	٠ ٠ ٤٢،٣	
نبتون	١٦٤	٦٠١٢٦،٧١٠	٠ ٠ ٢١،٦	

فُلْكَان

(٢٧٥) منذ نحو ١٥ سنة كان لافريير في اصطناع زيج لعطارد فوجد خطأً في حركة نقطة الراس المحسوبة له قبل وزعم ان ذلك الخطأ لا يُعلَّل عنهُ الّا بان جرم الزهرة هو $\frac{1}{10}$ اكبر من الجرم المحسوب لها او بوجود سيار فلكهُ داخل فلك عطارد منهُ اضطراب حركات عطارد واعلن فكرهُ هذا في خريف سنة ١٨٥٩ ولما اشتهر هذا الراي تقدم طبيب من مقاطعة ابور ولوار في فرنسا اسمهُ لسكاربولت وقال انهُ في تلك السنة نفسها في ٢٦ اذار راى جرمًا يمر على قرص الشمس زعم انهُ سيار ولكنهُ لم يتجاسر على اشهار ما رآهُ حتى يراهُ ثانيةً واخبر عن كيفية ظروف نظرهِ اياهُ فزارهُ لافريير وقرّرهُ واقتنع بانهُ قد شاهد مرور سيار على قرص الشمس ومن رصود لسكاربولت حسب لافريير مبادي السيار بالتقريب

طول العقدة الصاعدة	١٢° ٥٩'
ميل فلكهِ	١٢ ١٠
نصف المحور الاطول (⊕=١)	٠،١٤٣
حركة يومية شمسية	١٨° ١٦'
مدة دوران حول الشمس	١٩ ي ١٧ س
معدّل بعدهِ عن الشمس	١٣٠٨٢٠٠٠ ميل
قطر الشمس الظاهر منهُ	٣° ٣٦'
معظم تباينهِ	٨°

وفي ٢٠ اذار سنة ١٨٦٢ كان المعلم لومس في منشستر يرصد الشمس بين الساعة ٨ و ٩ صباحًا فراى نقطة مستديرة سريعة الحركة تمر على قرص الشمس ووجه نظر واحد من اصحابهِ اليها وبعدما رصدها نحو ٢٠ دقيقة التزم ان يترك الرصد ولكنهُ لم يشك في كون تلك النقطة سيارًا قطرهُ

الظاهر نحو٧″ وفي ٣٠ دُ مرّ على نحو ١٢′ من القوس ومن هذا الرصد حسب مبادئة ڤالس ورادو

	ڤالس	رادو
طول العقدة الصاعدة	٣° ٥٣′	
ميل فلكهِ	١٠° ٣١′	
طول المحور الاطول (⊕ = ١)	١٣٣°٠	١٤٤°٠
حركة يومية شمسية	٣٠° ٣٣′	١٨° ٥′
مدة	١٧ ١٣	١٩ ٣٣
معدّل البعد عن الشمس	١٣٠٧٦٠٠٠	١٣١٧٤٠٠٠

من طول العقدة الشمسي نرى ان عبورهُ اذا حدث يحدث بين ٢٥ اذار و١٠ نيسان عند العقدة النازلة وبين ٢٧ ايلول و١٤ تشرين الاوّل عند العقدة الصاعدة وقد شوهدت في تلك الاوقات نقطة سوداء تمر على قرص الشمس مرارًا كثيرة

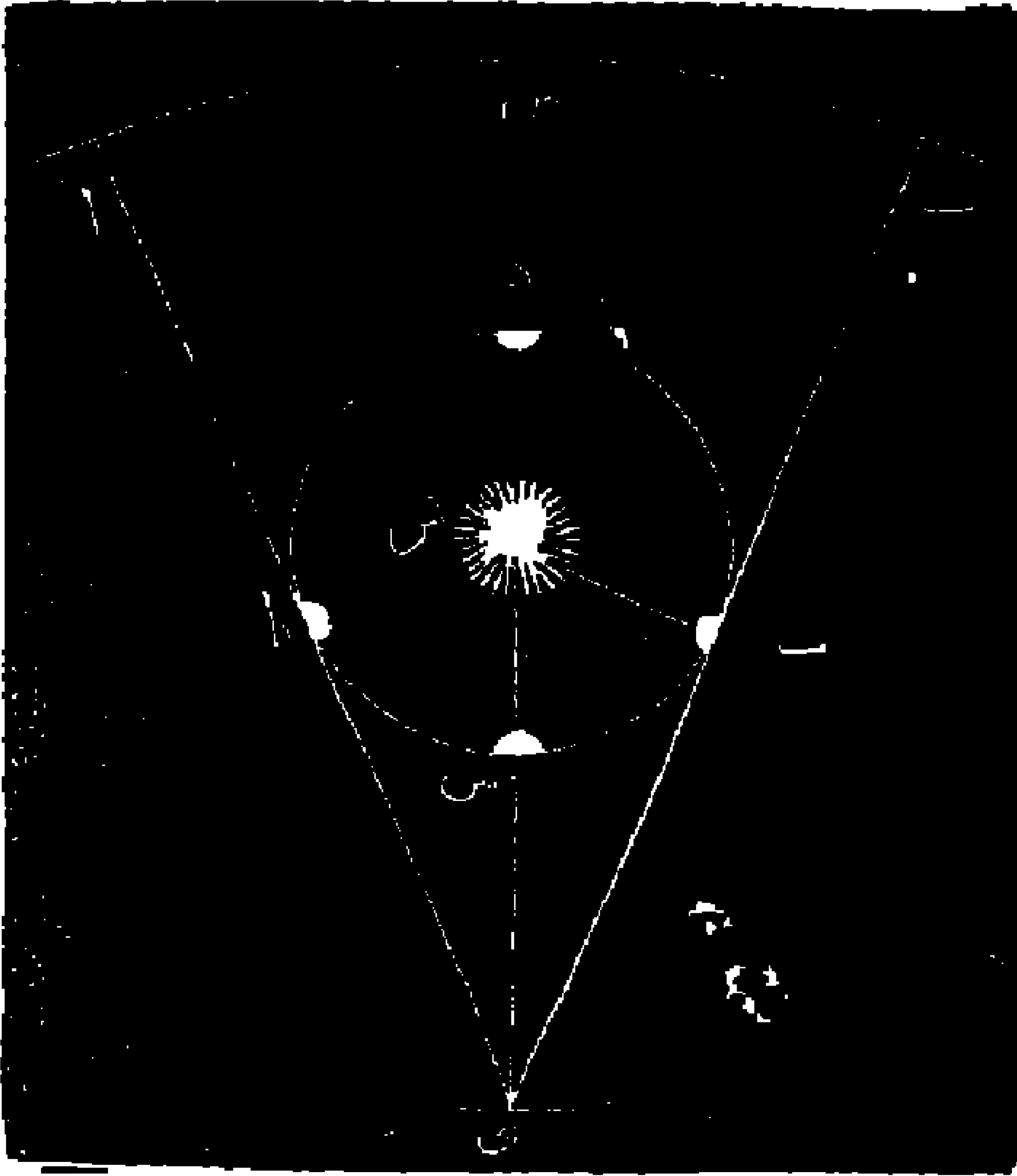
عطارد ☿

(٢٧٦) معدّل بعدهِ من الشمس ٣٥٣٩٣٠٠٠ ميل ومدة دورانهِ حول الشمس ٣ اشهر اي ٨٧ي ٢٣س ١٥د ٩١ ٤٣ث وقطرهُ ٢٩٦٢ ميلاً . دورانهُ على محورهِ في ٢٤ ٩١ اي ٢٤س ٥د ٣٠ث وثقلهُ النوعي ١١°٠ ومباينة فلكهِ = ٢٠٥°٠ فيكون معظم بعدهِ عن الشمس ٤٣٦٦٥٠٠٠ ميل واقربهُ اليها ٢٨١١٩٠٠٠ ميل وقطرهُ الظاهر عند الاقتران الاعلى ٥°٤″ وعند الاقتران الاسفل ٩°١٣″ وعند معظم تباينهِ نحو ٧″ وفضلة قطرهِ القطبي والاستوائي $\frac{1}{29}$ وميل فلكهِ على دائرة البروج ٧°

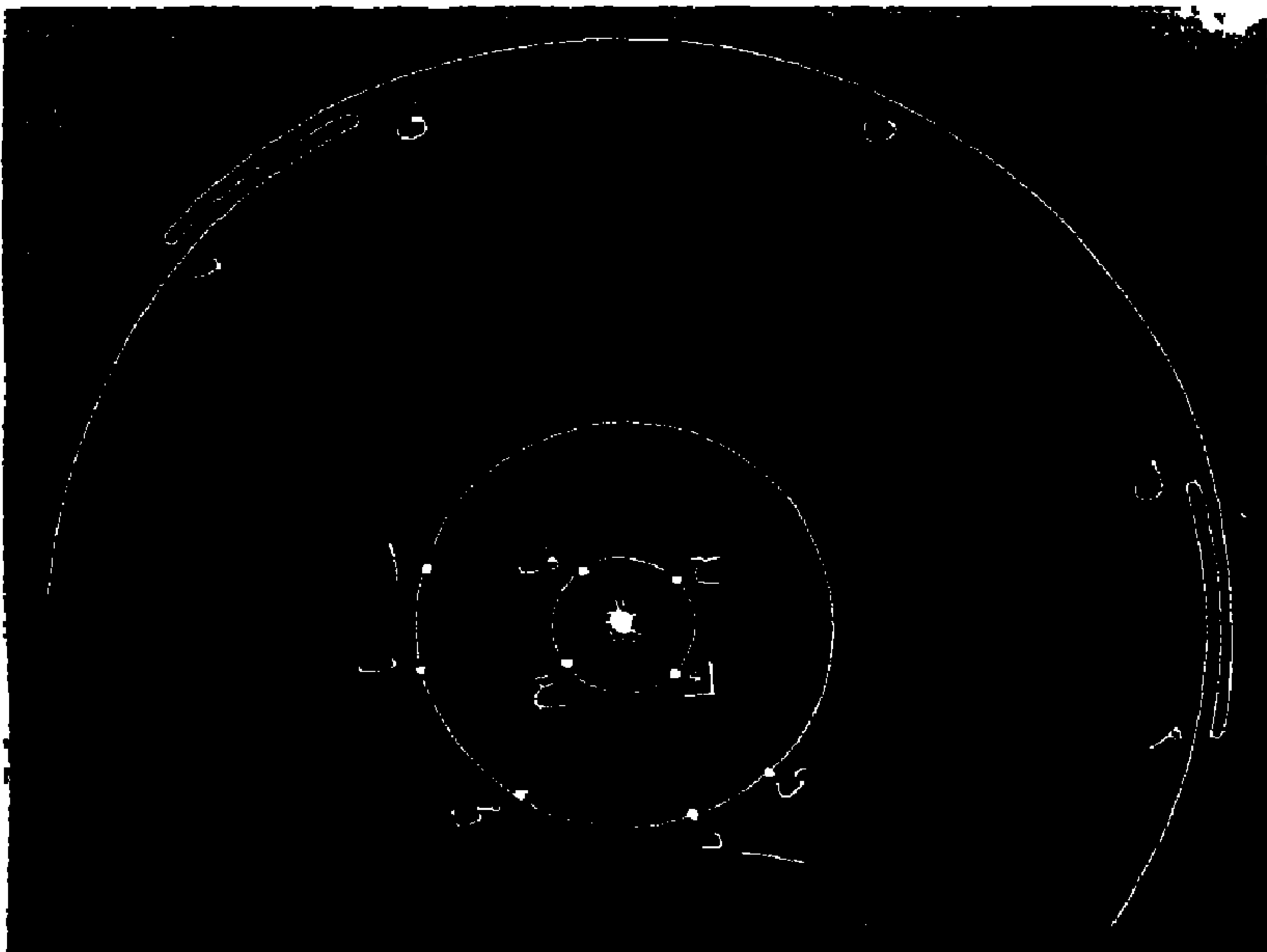
(٢٧٧) ان هذا السيار لكون فلكهِ داخل فلك الارض يظهر ابدًا الى جهة الشمس ولا يبعد عن الشمس اكثر من ٢٨° ٤٨′ وبسبب مباينة فلكهِ يختلف معظم تباينهِ بين ٢٨° ٤٨′ و١٦° ١٣′ فيظهر في جهة الغرب بعد الغروب قليلاً او في الشرق قبل الشروق قليلاً وفي الجهات الشمالية والجنوبية حيث يطول الشفق قلما يُرَى عطارد بالنظر المجرد ولا يُرى ابدًا الاّ متى كان بقرب معظم تباينهِ ويُرى بالنظارة ولو كان بقرب الشمس

ليكن ي (شكل ١٠٣) الارض ولنفرضها ثابتةً في موضعها قليلاً ولتكن ا س ب د فلك عطارد و ش الشمس و بَ شَ اَ الثوابت فتُرَى الشمس عند شَ بين الثوابت ومتى كان عطارد عند ب يُرَى عند بَ وفي مرورهِ من ب الى د وا يظهر كانهُ مرّ من بَ الى اَ ثم عند ا فلانهُ

سائر نحو الارض يظهر كانهُ ثابت مدة عند ا وفي مروره من ا الى ب يظهر كانهُ مرَّ من آ الى بَ اي على حركة متقهقرة وعند ب يثبت قليلاً لانهُ سائرٌ عن الارض ولكون الشمس عند شَ يمرُّ عليها السيار بحركتيهِ المستقيمة والمتقهقرة ومتى كان عند س فهو في الاقتران الاسفل اي متى كان السيار بين الشمس والارض وعند د الاقتران الاعلى اي متى كان في الجهة المتقابلة من فلكهِ والشمس بينهُ وبين الارض ومتى كان عند ب او ا قيل انهُ في معظم تباينهِ ومتى كان في الاقتران الاعلى فحركتهُ مستقيمة ومتى كان في الاسفل فحركتهُ متقهقرة ولو كانت الارض ساكنة حسب ما فرضنا لبان السيار ثابتًا مدةً عند تباينهِ الاعظم


شكل ١٠٣

(٢٧٨) وتتغير رؤْية هذه الحركات بحركة الارض في فلكها الى نفس جهة حركة عطارد اي من الغرب الى الشرق كما يتضح من شكل ١٠٤ وعطارد يدور نحو اربع مرات حول الشمس بينما تدور الارض مرة واحدة حولها فمن ذلك تطول قوس الحركة المستقيمة وتقصر قوس الحركة المتقهقرة


شكل ١٠٤

الظاهرة . فلنفرض الارض عند ا وعطارد عند ف فيُرَى بين النجوم عند ل وبينما تمر الارض الى ب يمر عطارد على الاقتران الاسفل ويصل الى غ ويظهر عند م فكانهُ تقهقر من ل الى م . وبينما

تمر الارض الى س يكون عطارد قد مرَّ في القوس غ ك ح فيكون في الاقتران الاعلى عند ن وبينما تمرُّ الارض الى د يدور عطارد من ح الى ف الى غ فيتقدَّم بين النجوم الى ر ثم بينما تمر الارض الى ي يمر عطارد من غ الى ك فيظهر كانهُ تحرَّك من ر الى ق ثم ياخذ بالتقدُّم ايضاً وهلمَّ جرّاً اي بحركة الارض تطول قوس الحركة المستقيمة وتقصر قوس الحركة المتقهقرة وقوس التقهقر تتغير بين ٩° ٣٣′ و١٥° ٤٤′

(٢٦٩) لو كانت الارض ثابتة كما فُرِض شكل ١٠٢ لظهر السيار ثابتاً وهو عند ا و ب حيث يلاقي دائرتهُ مماسان من الارض ولكن حركة الارض تقرِّب نقطة الثبات نحو الاقتران الاسفل قليلاً . لانهُ لا يظهر ثابتاً الّا اذا عدلت حركة الارض حركة السيار المنعكسة وتلك النقطة عندما يبلغ تباينهُ ١٥° او ٣٠° حسبما يكون السيار اقرب الى نقطة الراس او نقطة الذنب من فلكهِ

(٢٧٠) دوران سيار القانوني هو المدة بين اقتران واقتران من نوع واحد اي بالنسبة الى الارض لا بالنسبة الى نجم ما ومدة دوران عطارد القانوني هي ١١٦ يوماً اي نحو شهر اطول من دورانهِ النجمي الذي هو ٨٧ يوماً ٢٣ ساعة و١٥ د و٤٣ ث . ومباينة فلكهِ نحو $\frac{1}{5}$ اي اكثر من مباينة فلك الارض التي هي $\frac{1}{60}$ فيكون الفرق بين المحور الاطول ومنضمهِ $\frac{1}{50}$ من اكبرهما فقط وميل فلكه على دائرة البروج ٧° كما تقدم وحركتهُ اليومية نحو ٢٤٠٠٠٠٠ ميل كل يوم اي ١٠٠٠٠٠ ميل كل ساعة ونحو ٢٨ ميل كل ثانية



شكل ١٠٥ عطارد بين الاقتران الاعلى والاسفل اي بعد الغروب



شكل ١٠٦ عطارد بين الاقتران الاسفل والاعلى اي قبل الشروق

(٢٧١) عند الاقتران الاسفل س شكل ١٠٢ يتجه نحو الارض جانب السيار المظلم فيكون مثل القمر في المحاق وعند الاقتران الاعلى د يُرَى كل وجههِ المنوَّر وبين هاتين النقطتين يظهر هلالاً

او نصف وجهه او اكثر مثل القمر (شكل ١٠٥ و١٠٦) اما معظم نوره فليس عند الاقتران الاعلى لزيادة بعده حينئذٍ ولا عند الاقتران الاسفل لكون وجهه المظلم متجهاً نحونا حينئذٍ بل بين معظم تباينهِ والاقتران الاعلى متى كان بينهُ وبين الشمس نحو ٢٢° اما نسبة قطرهِ الظاهر في الاقتران الاسفل اليهِ في الاعلى :: ٢½ : ١

قد تقدم ان قطر عطارد يعدل نحو ⅖ معدل قطر الارض فنسبة مساحة سطح الارض الى مساحة سطح عطارد :: ١ : ١٤٠‚٠ ونسبة جرمها الى جرمهِ :: ١ : ٠٥٢‚٠ ونسبة مادتها الى مادته :: ١ : ٠٦٥‚٠

(٢٧٢) بعد سيار اسفل عن الشمس يُستعلَم بقياس تباينهِ الاعظم. مثالهُ ان كان عند ع (شكل ١٠٧) فلنا ش ص ع وص ع ش قائمة وش ص معروف فنستعلم ش غ وبتكرار الرصد في مواضع مختلفة من فلكهِ نستعلم هيئة فلكهِ

(٢٧٣) قد يتفق عند الاقتران الاسفل ان عطارد يتوسط بين الارض والشمس فيعبر على وجه الشمس ويُرَى على سطحها على هيئة نقطة سوداء. ولو وافق سطح فلكهِ سطح دائرة البروج لحدث هذا العبور عند كل اقتران اسفل وبما انهُ مائل عليهِ ٧° لا يحصل الا اذا كان السيار بقرب العقدة عند الاقتران بحيث يكون بعدهُ عن دائرة البروج اقل من نصف قطر الشمس الظاهر اي اقل من ١٦′ وحد العبور ٣° ١٠′ عن العقدة والعقدتان واقعتان في القسم من دائرة الارض الذي تمر بهِ في تشرين ٢ وايار فلا يحدث عبور عطارد الا في هذين الشهرين وبالاكثر في تشرين ٢ لان السيار حينئذٍ اقرب الى الشمس. وللعقدتين تقهقر من جهة موضعها فعلى تمادي السنين يتغير شهرا العبور

(٢٧٤) بينما تدور الارض ١٣ دورة من عقدة الى عقدة يدور عطارد ٥٤ دورة تقريباً فكل ١٣ سنة يعود الجرمان الى النسبة الاولى بينهما موقعاً. واقصر المدات بين عبور وعبور عند العقدة الواحدة ٧ سنين فيها يدور عطارد ٢٩ دورة تقريباً و ٧ + ٣ = ½ ٣ اي ربما يحدث عبور عند العقدة الاخرى بعد ½ ٣ سنين

شكل ١٠٧

افرض

ع = مدار دوران الارض

عَ = " " السيار

س = طول سنة الارض النجمية

سَ = " " السيار "

شكل ١٠٨ منطقة استوائية على عطارد

فلنا ع س = عَ سَ

وع/عَ = سَ/س (٥٦)

ومدة الارض ٣٦٥٫٢٥٦ يومًا ومدة عطارد ٨٧٫٩٧ يومًا فحسب معادلة (٥٦) لنا

٧/٢٩ ، ١٣/٥٤ ، ٣٣/١٣٧ الخ اي يحدث عبور عند العقدة الواحدة كل ٧ و١٣ و٣٣ الخ سنة

اما حد العبور فيُستعلَم هكذا

ليكن ي ي قوسًا من دائرة البروج (شكل ١٠٩) و و قوسًا من فلك السيار و ع العقدة وص ف تباين السيار عند المماسة = ½ ق الشمس + ½ ق السيار فيكون ص ع حد العبور

شكل ١٠٩

افرض ص ع ف اي ميل فلك السيار = م

" ص ف = ص

وص ع = حد العبور = ح

فلنا في المثلث القائم الزاوية ص ع ف

½ ق × ج ص = ج م × ج ح اي

جيب ح = ج ص / ج م (٥٧)

وص = ½ ق الشمس + ½ ق السيار + اختلافه الافقي الّا اختلاف الشمس الافقي كما تقدم في الكسوف

وبما ان ص كمية متغيرة وم كذلك فقيمة ح متغيرة

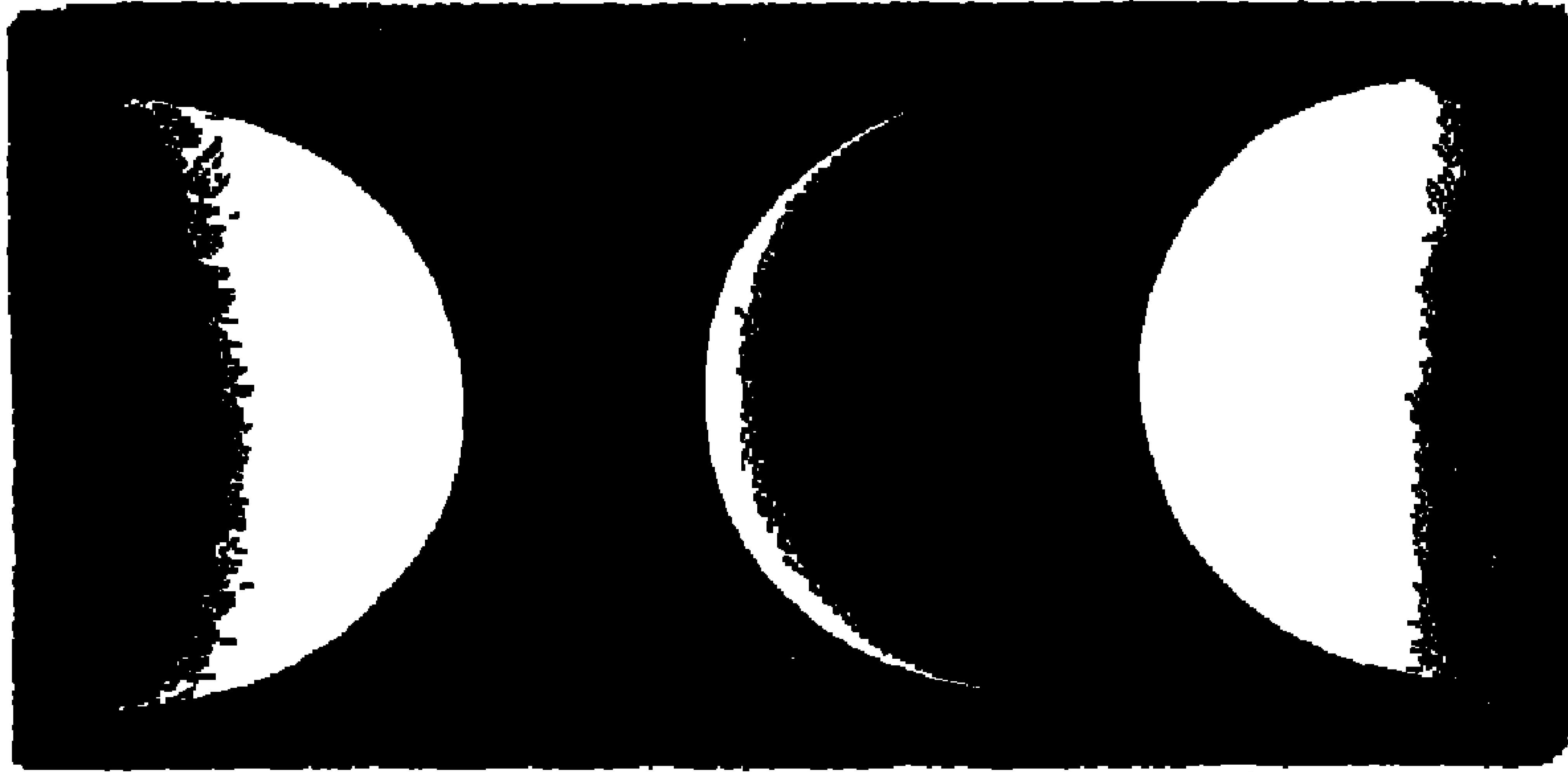
حدث عبور عطارد ت٢ ١١ سنة ١٨٦١ و٤ ت٢ ٦٨ وسيحدث ت٢ ٧ ٨١ وايار ٩ سنة ٩١ وت٢ ١٠ سنة ٩٤

اما مدة العبور فتختلف كثيرًا وقد تدوم ٨ ساعات

(٢٧٥) عند عبور عطارد يُرى ظلة على سطح الشمس دائرة تامة ومن ثمّ يظهر انه غير مسطح عند قطبيه خلاف الارض وقيل هو ١/٢٩ . والخط الفاصل بين الجزء المنوّر والمظلم غير مستقيم مثل الخط الفاصل في القمر (شكل ١١٠) وذاك دليل على عدم استواء سطحه وقد حسب بعضهم ارتفاع بعض جباله ١١ ميلاً والنور يقل تدريجًا نحو الخط الفاصل وذاك دليل على وجود كرة هوائية فيه

(٢٧٦) من شدة النور عند عطارد يعسر معرفة ميل محوره على سطح فلكه وقد عيّن ذلك

بعضهم ٧٠° غيران الامرلم يؤكد (ميل محور الارض على دائرة البروج = ٦٦½) فميل سطح فلكهِ على خطهِ الاستوائي = ٣٠° وقال بعضهم ان ميلهُ اكثر من ذلك كثيرًا وعلى ذلك يكون اختلاف فصولهِ عظيمًا جدًّا



شكل ١١٠ رؤى عطارد القرن الجنوبي ابتر

متى كان اقرب الى الشمس فنورهُ وحرارتهُ من الشمس ١٠½ امثال نور الارض وحرارتها وعند البعد الابعد يقلان اكثر من نصف مقدارها وكل فصل من فصولهِ نحو ٣ اسابيع فان كان فيهِ حيوة تكون على غير هيئة الحيوة على الارض نباتية كانت او حيوانية غير انهُ قد يمكن ان تتلطف الحرارة والنور بواسطة هوائهِ الكروي. فان رؤوس جبال حملايا المكتسية ثلوجًا مؤبدة هي اقرب الى الشمس من سهول هندستان المحرقة. اما كثافتهُ فمضاعف كثافة الارض وتعدل كثافة الذهب تقريبًا ولكن من صغرهِ تكون الجاذبية على سطحهِ ½ ما هي على سطح الارض فتخف الاوزان على سطحهِ على هذه النسبة

بما انهُ ليس لعطارد قمر معروف فمعرفة مادتهِ عسرة وقد حسبها البعض من فعلهِ في نجم ذنب ذنب معروف بذنب انكي فكانت حسب انكي $\frac{1}{4865751}$ من الشمس وحسب لافريير $\frac{1}{4248000}$ وحسب لترو $\frac{1}{3025810}$ وحسب ميدلر $\frac{1}{4870333}$

لاستعلام موقع هذا السيار يُعتمَد على زيج لافريير

الزهرة ♀

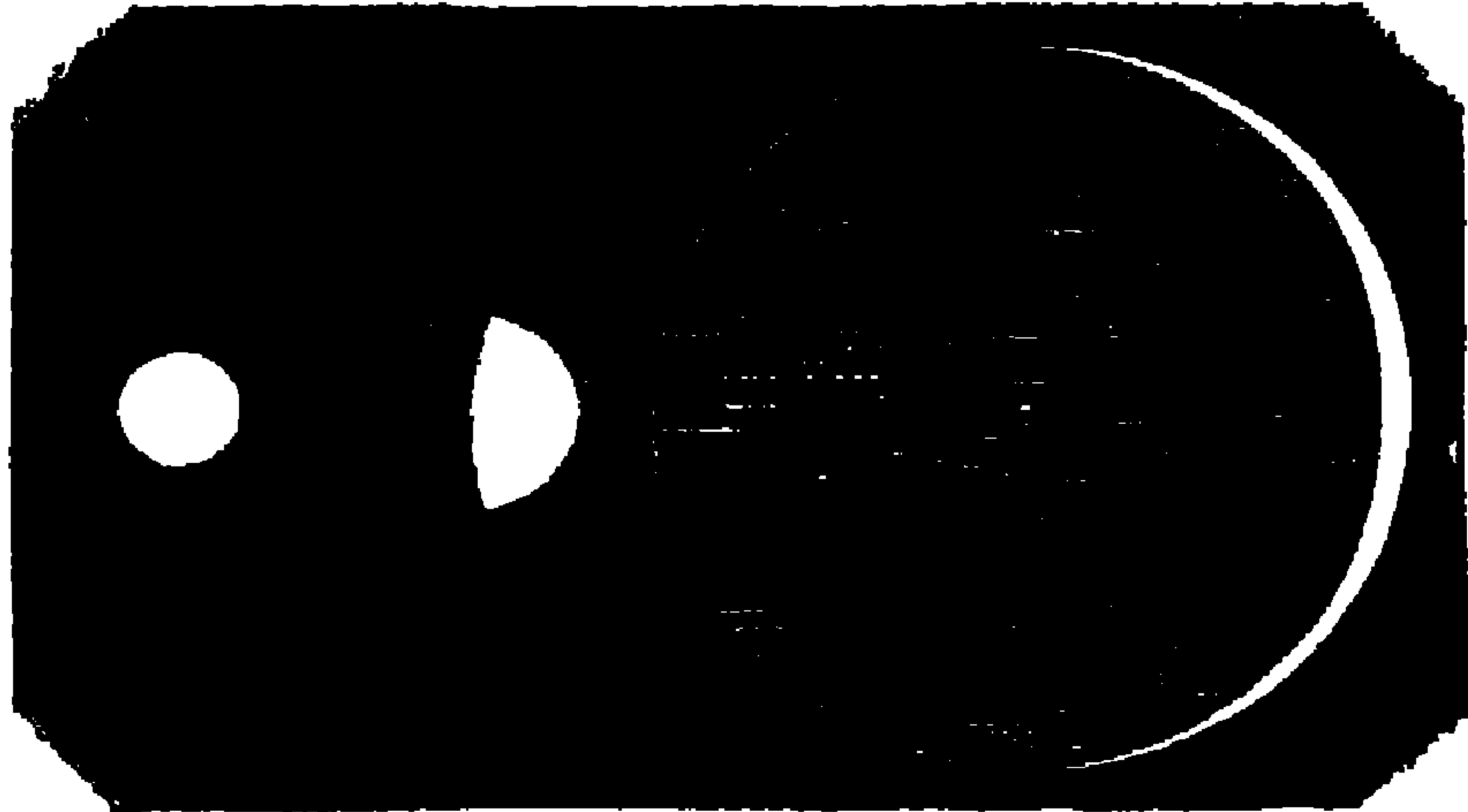
(٣٧٧) معدَّل بعدها عن الشمس ٦٦١٣١٠٠٠ ميل ولقلة مباينة فلكها اي ٠٠٠٦° لا يختلف بعدها عن الشمس كثيرًا فبعدها الابعد ٦٦٥٨٥٠٠٠ والاقرب ٦٥٦٧٧٠٠٠ ومدة دورانها ٧½ اي ٢٢٤ ي ١٦ س ٤٩ د ٨ ث وقطرها الظاهر عند الاقتران الاعلى ٧' ٩" وعند الاسفل ٥' ٦٦" وعند معظم تباينها نحو ٣٥" ومعدلهُ ٥٥' ١٧" وحسب بعضهم ٤٤' ٩ ١٦' فقطرها الحقيقي

٧٥١٠ اميال ويومها ٢٥ ٢٣ ساعة وثقلها النوعي ٣ ٥ ولا يُعرَف مقدار التسطح عند القطبين

اما حركاتها فمثل حركات عطارد اي حركة مستقيمة ومتقهقرة ومعظم تباينها ٤٧° ١٥′ ومدتها النجمية لا تفرق عن مدة الارض النجمية الاّ قليلاً فتطول بذلك مدتها القانونية ١ ٣/٥ سنة تقريبًا اي ٥٨٣ ٩٢ يومًا فتكون نحو ٢٩٢ يومًا الى شرقي الشمس ومثل ذلك الى غربيها اي تكون نجم الصبح ونجم الغروب ٢٩٢ يومًا على التعاقب

فبعد تقهقرها من ل الى م (شكل ١٠٤) تتحرك بالاستقامة ١ ٣/٥ دورة قبل الحركة التقهقرية الثانية من ر الى ف

للزهرة روية مثل روية عطارد من جهة كونها هلالاً وبدرًا ولها ايضًا اقتران اسفل واعلى غير ان قطرها الظاهر وهي هلال ٦ مرات ونيف قطرها وهي بدر لان بعدها عن الارض عند الاقتران الاسفل ٩٣٠٠٠٠٠٠ — ٦٦٠٠٠٠٠٠ = ٢٧٠٠٠٠٠٠ ميل وعند الاقتران الاعلى = ٩٣٠٠٠٠٠٠ + ٦٦٠٠٠٠٠٠ ١٥٩٠٠٠٠٠٠ ومعظم نورها هو متى كان تباينها ٤٠° اي بين التباين الاعظم والاقتران الاسفل واذ ذاك فقد تشاهد طول النهار



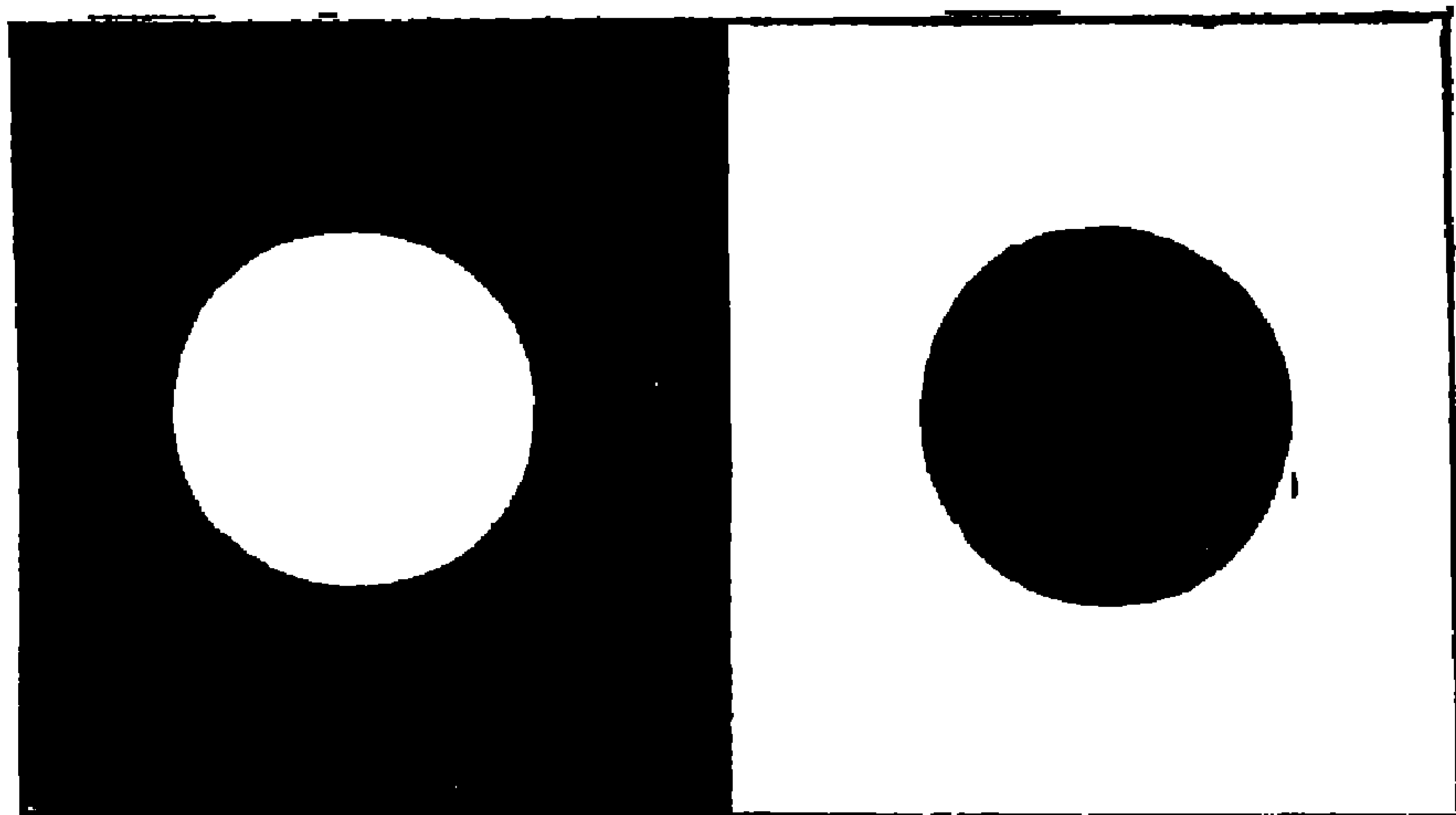
شكل ١١١ الزهرة في الاقتران الاسفل وفي التربيع والاقتران الاعلى

(٢٧٨) اقتران الزهرة والشمس يقع في مكان واحد من السماء كل ثماني سنين لان مدتها القانونية = ٥٨٤ يومًا ومدتها النجمية = ٢٢٤ ٧ يومًا فلنا

٢٢٤ ٧ : ٣٦٠° :: ٥٨٤ : ٩٣٥° ٦ = قوس الطول الذي تمرّ به الزهرة بين اقتران واقتران اطرح ٧٢٠° اي دورتين كاملتين يبقَ ٢١٥° ٦ اي مقدار تقدم الاقتران الثاني على الاوّل فاذًا في خمس دورات قانونية او ٢٩٢٠ يومًا تكون نقطة معينة من دائرتها قد تقدمت ٢١٥° ٦ ×٥ = ١٠٧٨° = ٣٦٠° × ٣ فاذًا في نهاية خمس دورات قانونية اي ٢٩٢٠ يومًا = ٨ سنين يعود الاقتران الى النقطة التي كان فيها قبل بثماني سنين فتعود روياها من الارض على نسق واحد في

كل ٨ سنين تقريباً

في شكل ١١٢ القرص الاسود على قدر الابيض تماماً والابيض بالظاهر اكبر وذلك من الاشعاع به يظهر جسم منوّر اكبر مما هو حقيقةً فالقسم المنوّر من القمر ومن الزهرة يظهر كانهُ قطعة من كرة اكبر من كرة القسم المظلم فيكبر بذلك القطر الظاهر لكل جرم نيّر عن حقيقتهِ



شكل ١١٢ فعل الاشعاع في قدر جرم الظاهر

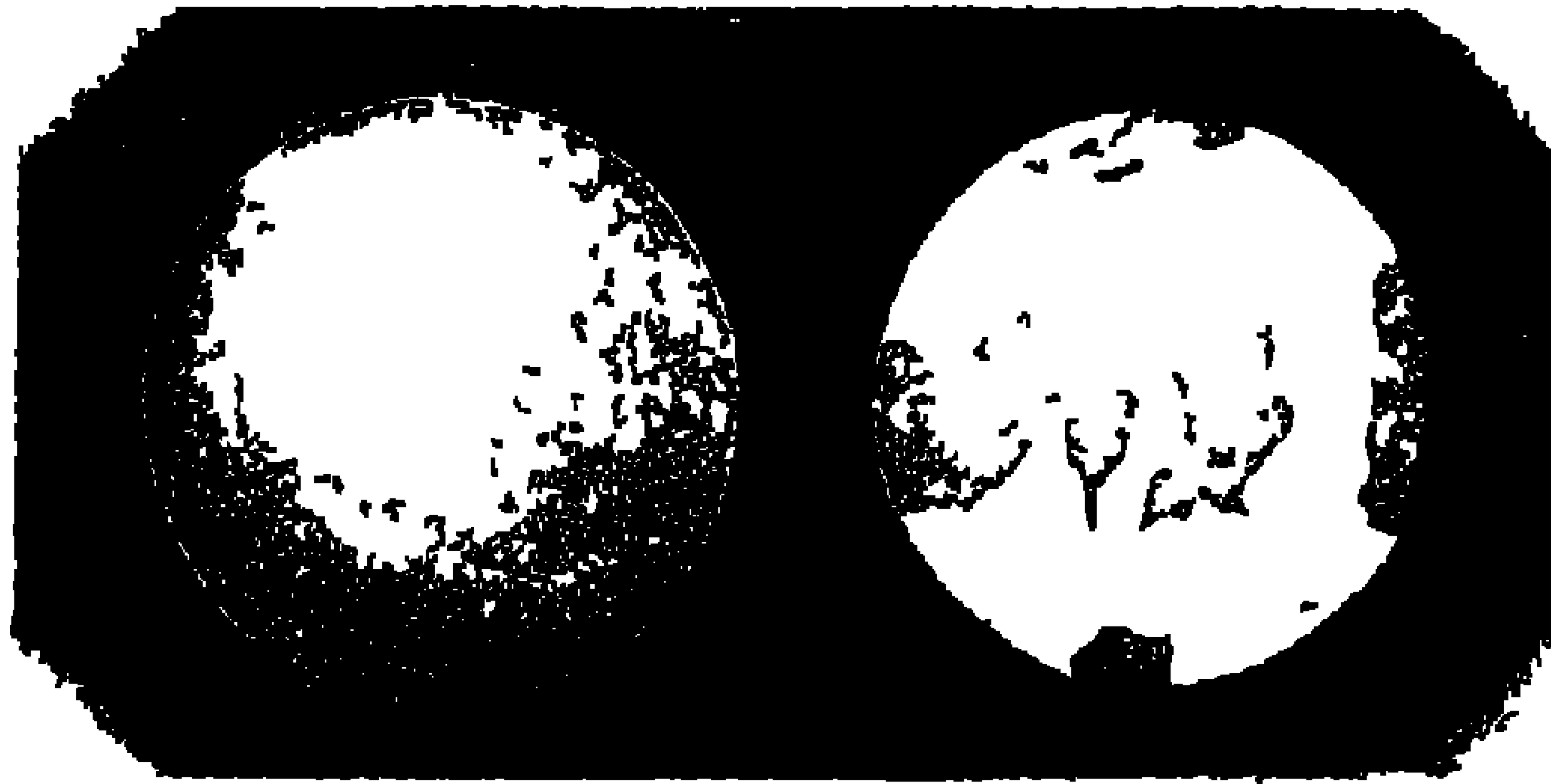
(٢٧٩) عبور الزهرة على وجه الشمس

ميل دائرة الزهرة على دائرة البروج نحو $\frac{1}{2}$ ٣° والشمس تمر على العقدتين في شهر حزيران وشهر كانون الاوّل فيقع العبور في هذين الشهرين

كلما دارت الزهرة ١٣ دورة تدور الارض ٨ دورات تقريباً فاذا حدث عبور عند عقدة يحدث ايضاً عند تلك العقدة بعد ٨ سنين . ولا تنصَّف هذه المدَّة كما في دوران عطارد حتى يستعلم وقت العبور عند العقدة الاخرى لان ٨ عدد شفع و١٣ وتر فاذا نصفناها لنا ٤ دورات للارض و$\frac{1}{2}$ ٦ للزهرة فيكونان في جهتين متقابلتين من الشمس . اما ٢٣٥ سنة = ٣٨٢ دورة للزهرة اكثر تقريباً فعبور عند عقدة يكرر عند تلك العقدة بعد ٢٣٥ سنة ولكن نصف هذه المدة لا يدل على حدوث عبور عند العقدة الاخرى للسبب المذكور اعلاهُ

(٢٨٠) في ٢٢٧ سنة (اي ٢٣٥ — ٨) ٣٦٩ دورة للزهرة الا $\frac{1}{2}$ ١ يوم فينتظر تكرار عبور عند عقدةٍ ما كل ٢٢٧ سنة وعند نصف هذه المدة ينتظر عبور عند العقدة الاخرى لانهُ بعد $\frac{1}{2}$ ١١٣ دورة للارض و$\frac{1}{2}$ ١٨٤ للزهرة تكونان على جانب واحد من الشمس وهذه المدة اي $\frac{1}{2}$ ١١٣ اذا اضيف اليها ٨ سنين او طُرِح منها ٨ سنين تعين عبورين آخرين فتكون المدات بين عبورٍ وعبور غالباً ٨ و$\frac{1}{2}$ ١٠٥ و$\frac{1}{2}$ ١٢١ و$\frac{1}{2}$ ١٢١ كما يُرَى مما حدث او سيحدث بين سنة ١٥١٨ و٢٠٠٤

٥ حزيران	١٥١٨	
٣ "	١٥٢٦	بعد ٨ سنين
٤ كا١	١٦٣٩	" ١١٣ ½ سنة
٥ حزيران	١٧٦١	" ١٢١ ½ سنة
٣ "	١٧٦٩	" ٨ سنين
٨ كا١	١٨٧٤	" ١٠٥ ½ سنة
٦ كا١	١٨٨٢	" ٨ سنين
٧ حزيران	٢٠٠٤	" ١٢١ ½ سنة



شكل ١١٣ قدر الارض والزهرة النسبي

(٢٨١) لعبور الزهرة اعتبار كلي عند علماء هذا الفن لانهُ بهِ يُستعلَم اختلاف الشمس الافقي الذي منهُ نتوصل الى معرفة بعد الارض عن الشمس ومن ثمَّ بقاعدة كبلر الى بعد السيارات جميعًا ولذلك رُصِد بكل تدقيق في اماكن كثيرة سنة ١٧٦٩ فالواسطة لاستعلام الاختلاف الافقي المذكور انما (ع ٣٣) يحتمل خطا ٤" ولذلك لا يُعتدُّ بهِ في القمر الذي اختلافهُ = ١° تقريبًا ولكن ٤" هي مقدار نصف اختلاف الشمس الافقي كلهِ

(٢٨٢) لما كان فلك الزهرة بين فلك الارض والشمس فبسبب قربها يختلف موقعها باختلاف مكان الناظر على سطح الارض كما تقدم في القمر وان حدث عبور يختلف موقع الزهرة على وجه الشمس باختلاف مقام الناظر وفي عبور سنة ١٧٦٩ رُصِد من وردهوس في لابلاند ومن طهيتي جزيرة من جزائر جنوبي البحر المحيط وكيفية استعلام اختلاف الشمس الافقي من عبور الزهرة تتضح من شكل ١١٤

• ليكن ص (شكل ١١٤) الشمس و الزهرة ي الارض فناظر عند ا يرى الزهرة عند آ وناظر عند ب يراها عند بَ ويجوزان يُحسَب ب و ا و متساويين وكذلك وبَ وآ فالمثلثان اوب آ وبَ متشابهان ولنا ا و : وآ :: ا ب : آ بَ ونسبة ا و : وآ معروفة لان مدَّة السيارين

معروفة فتُعرَف نسبة بعد الواحد منها الى بعد الآخر بقاعدة كبلر الثالثة اي

١ — ٠٫٧٢٣ : ٠٫٧٢٣ :: ١ : ٢٫٦١ تقريبًا ونسبة نصف قطر الارض اي $\frac{1}{2}$ ا ب : نصف آ بَ :: ١ . ٢٢٫٥ تقريبًا فتُعرَف نسبة ا ب : آ بَ

شكل ١١٤

ثم لاجل استعلام آ بَ في ثواني من القوس يعيّن الراصد وقت دخول السيار على وجه الشمس ووقت خروجهِ منهُ فيُعرَف مدة العبور لكل راصد وحيث تُعرَف حركة الشمس وحركة

شكل ١١٥ رؤى الزهرة وكلف عليها

الزهرة تحول هذه المدّة الى قوس فتُعرَف الدقائق في الوتر س د والوتر ر ف وفي نصفيهما

س آ ر بَ واما الدقائق في ½ ق الشمس اي س ص او رص فمعروفة ففي المثلثين القائمي الزوايا س آ ص ربَ ص يُستعلَم ص آ و ص بَ فيُعرَف آ بَ اي يُعرَف الزاوية عند الشمس التي يقابلها خط مفروض على الارض اي الزاوية التي يقابلها ½ ق الارض اي الاختلاف الافقي

من العبور الذي رُصِد في ١٧٦٩ حُسِب معدَّل الاختلاف ٥٧٧٦ ٨″ وقد تقدم ان بعض الدلائل تدل على انهُ اكثر من ذالك قليلاً وسوف يتعين في العبور المقبل في ٨ كا ١ ٧٤

(٣٨٣) اذا نُظِر الى الزهرة وهي على معظم تباينها تبان مثل القمر في التربيع (شكل ١١٥) وبين معظم التباين والاقتران الاسفل تبان مثل الهلال (شكل ١١١) لاسيا في النهار ومن تفريض الخط الفاصل يتضح وجود جبال على سطحها وعليهِ ايضاً بعض النقط من حركتها حُسِب دوران الزهرة على محورها نحو ٢٤ ساعة كما تقدم ومن نقصان النور بالتدريج نحو الخط الفاصل وبعض الكلف ظهرت لها كرة هوائية وبخارية وقد حُسِب علو بعض جبالها ٢٧ ميلاً غير ان ذلك تحت الشك من صعوبة رصد هذا السيار من قبل شدة لمعانهِ . لم يتحقق ميل محور الزهرة على سطح دائرتها وقيل انهُ ٧٥° واذ ذاك يتوجه كل قطب نحو الشمس دواليك في كل دوران وتتغير فصولها كل ٢٢٤ يوماً من شدة الحر الى شدة البرد

قال بعضهم بقمر للزهرة فانكر ذالك البعض. فان كان لها قمر يكون صغيراً جداً

مادة الزهرة بالنسبة الى الشمس هي حسب انكي $\frac{١}{٤٠١٨٣٩}$ وحسب لاترو $\frac{١}{٤٠٥٨٧١}$ وحسب ميدلر $\frac{١}{٤٠١٧١٨}$ وحسب لافريير $\frac{١}{٤١٢١٥٠}$

لاستعلام موقع هذا السيار يعتمد على زيج لافريير

الفصل العاشر

في السيَّارات العلياء

المريخ والنجيمات والمشتري وزُحَل واورانوس ونبتون

(٣٨٤) تمتاز السيارات العلياء من السفلى بانها تُرَى على كل بعدٍ من الشمس بين اقتران واستقبال اي بين صفر و ١٨٠° ولما كانت افلاكها خارج فلك الارض فلها اقتران اعلى واستقبال

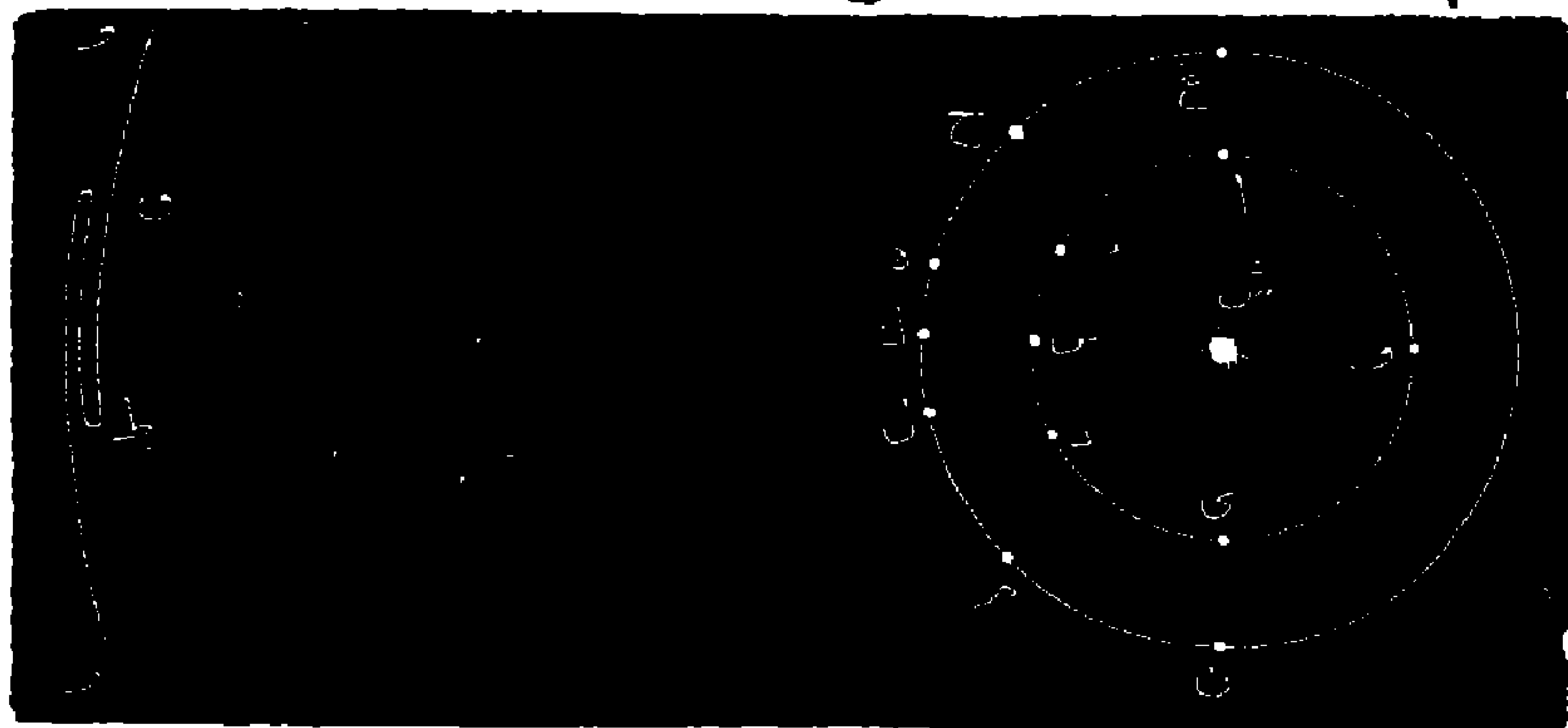
وليس لها اقتران اسفل ولا تُرَى على اوجهٍ مختلفة مثل الزهرة وعطارد والقمر بل ترى ابدًا وجوهها المنوّرة لبعدها العظيم الّا المرّيخ الذي من قربهِ الى الارض يُرَى متى كان في التربيع مثل القمر ثلاثة ايام قبل البدر ويظهر نقص جانب المشتري الشرقي اذا كان في التربيع

المرّيخ ♂

(٢٨٥) معدل بعد المرّيخ عن الشمس ١٣٩٣١٢٠٠٠ ميل ومعظمهُ ١٥٢٣٨٤٠٠٠ واقلهُ ١٢٦٢٤٠٠٠٠ ميل وسنته ٦٨٦ً ٢٣ٌ ٣٠ٍ ٤١ٌ وقطرهُ الظاهر عند الاقتران ٤ً ١ً وفي الاستقبال ٤ً ٣٠ً ومعدلهُ ٣٨ ٧ً وقد اختلفوا كثيرًا من جهة تسطيحهِ عند قطبيهِ فمنهم من قال $\frac{1}{16}$ ومنهم $\frac{1}{80}$ والاصح انهُ ما بين $\frac{1}{51}$ و $\frac{1}{32}$ فقطرهُ ٥٠٠٠ ميل تقريبًا ويومهُ و ٣٤ً ٢٩ً ٦٧ً ٢١ ونقلهُ النوعي ٩ ٣ً وقبل٩٣ ٣ً ومباينة فلكهِ $\frac{1}{11}$ وميل فلكهِ على دائرة البروج ٢ً وخطهُ الاستوائي مائل على فلكهِ ٣٨ ٣ً ٤٣ً فقد يكون عن الارض ٣٣٣٠٠٠٠٠٠ ميل وقد يكون على بعد ٤٦٠٠٠٠٠٠ ميل منها . ومعدل حركتهِ في فلكهِ ٥٤٠٠٠ ميل كل ساعة او ١٦ ميل كل ثانية

متى كان المرّيخ في الاستقبال والاقتران يُرَى بدرًا ومتى كان عند التربيعين يُرَى اكثر من نصف وجههِ المنوّر كما تقدّم (ع ٢٨٤)

(٢٨٦) حركة المرّيخ مثل سائر السيارات من الغرب الى الشرق وقد تسرع وقد تبطوءُ حركتهُ الظاهرة بسبب حركة الارض غير انهُ عند الاستقبال عندما تلحق الارض المرّيخ وتمر عليهِ بالصعود المستقيم تظهر لهُ حركة متقهقرة كما يتضح من شكل ١١٦



شكل ١١٦

لنفرض الارض تدور دورة كاملة من ف الى ف بينما يدور المرّيخ نصف دورة من غ الى ن فمتى كانت الارض عند ف يظهر المرّيخ في جهة ف غ ومتى كانت الارض عند ا يكون المرّيخ عند ح ويظهر بين النجوم عند و ومتى وصلت الارض الى ب يكون المرّيخ عند ه فيظهر عند ط اي

حركة حركة مستقيمة فتنباطأ كل ما اقترب الى ط وبينما تمر الارض من ب الى س الى د يمرّ المرّيخ بالقوس القصير هـ ك ل فيظهر للارض متقهقرًا من ط الى ق ثم يتحرك بالاستقامة ايضًا ومتى انتهت الارض الى ي يظهر المرّيخ عند ر ومتى انتهت الى ف يظهر الى جهة ف ن . ولهذا السبب نفسو لكل السيارات حركة متقهقرة عند الاستقبال . يبتدئ التقهقر او ينتهي متى كان بين المرّيخ والشمس زاوية تختلف بين ١٣٨° ٤٤′ و١٤٦° ٣٧′ وقوس التقهقر تختلف بين ١٠° ٦′ و١٩° ٣٥′ ومدة التقهقر تختلف بين ٦٠ يومًا ١٨ˢ و٨٠ يومًا ١٥ˢ وتعود الارض والمرّيخ الى الوضع الواحد النسبي كل ٣٢ سنة تقريبًا فينبغي رصد هذا السيار متى كان في الاستقبال ومتى حدث ذلك عند وقوع الارض في نقطة الذنب والمرّيخ في نقطة الراس له يصير قطره الظاهر ٥ ′٣٣″ وذلك يحدث نحو كل ١٥ سنة وسوف يحدث سنة ١٨٧٧ وهذا الاتفاق يعود في كل ٨ سنين و١٧ شهر تقريبًا

(٣٨٧) سنة المرّيخ ٦٨٧ يومًا من ايامنا فيكون الفصل فيهِ $\frac{٢}{٣}$ ٥ اشهر وبسبب ميل خطهِ الاستوائي على سطح فلكهِ تكون منطقتهُ الحارة اعرض من المنطقة الحارة على الارض بالنسبة الى سطح السيار . اما يومهُ فاطول من يومنا كما تقدم (ع ٢٨٥) على نسبة ١٠٠ : ٩٧ فسنتهُ ٦٦٨ يومًا و١٦ ساعة من ايامهِ وبسبب مباينة فلكهِ يكون الصيف في نصفهِ الشمالي اقصر منهُ في الجنوبي على نسبة ٧٩ : ١٠٠ غير انهُ بسبب قربهِ الى الشمس حينئذٍ يزيد نورهُ وحرارتهُ على ما في الصيف الجنوبي فيهِ على نسبة ١٤٥ : ١٠٠ وفصل الربيع فيهِ ١٩٣ يومًا والصيف ١٨٠ يومًا والخريف ١٥٠ يومًا والشتاء ١٤٧ يومًا

(٣٨٨) متى نُظِر اليهِ بنظارة قوية يظهر سطحهُ على اختلاف الوان مثل الحاصل من برّ وبحر والبراكثر من البحر وحول قطبهِ مساحة بيضاء تزيد في الشتاء وتصغر في الصيف يُزعَم انها من الثلوج القطبية (انظر صورة ٧) ووجود المياه تدل على الابخرة وكرة هوائية ايضًا والسبكترسكوب ايضًا يدل على بخار ماء فيهِ . والاقسام المصفرة اللون محسوبة برًّا والمخضرّة بحرًا وعلى ذلك تكون نسبة البرّ الى البحر في المرّيخ عكس ما هي في الارض ولم يُكتَشف عن نسطح قطبي لهذا السيار

ان كان للمرّيخ اختلاف فصول كما تقدم وكرة هوائية وماء وابحر فظروفهُ واحوالهُ تشبه الارض في اشياء كثيرة غير ان الجاذبية على سطحهِ اقل مما هي على الارض على نسبة ٠٢ ٠ الى واحد ونسبة نورهِ الى نور الارض :: ٤ : ٩

حدث عبور المرّيخ على وجه المشتري ٩ كانون الثاني سنة ١٥٩١

ليس لهذا السيار قمر معروف فلا تُعرَف مادتهُ الاّ تقريبًا وهي على راي ميدلر $\frac{١}{٢٦٨٠٥٠٠}$ وعلى

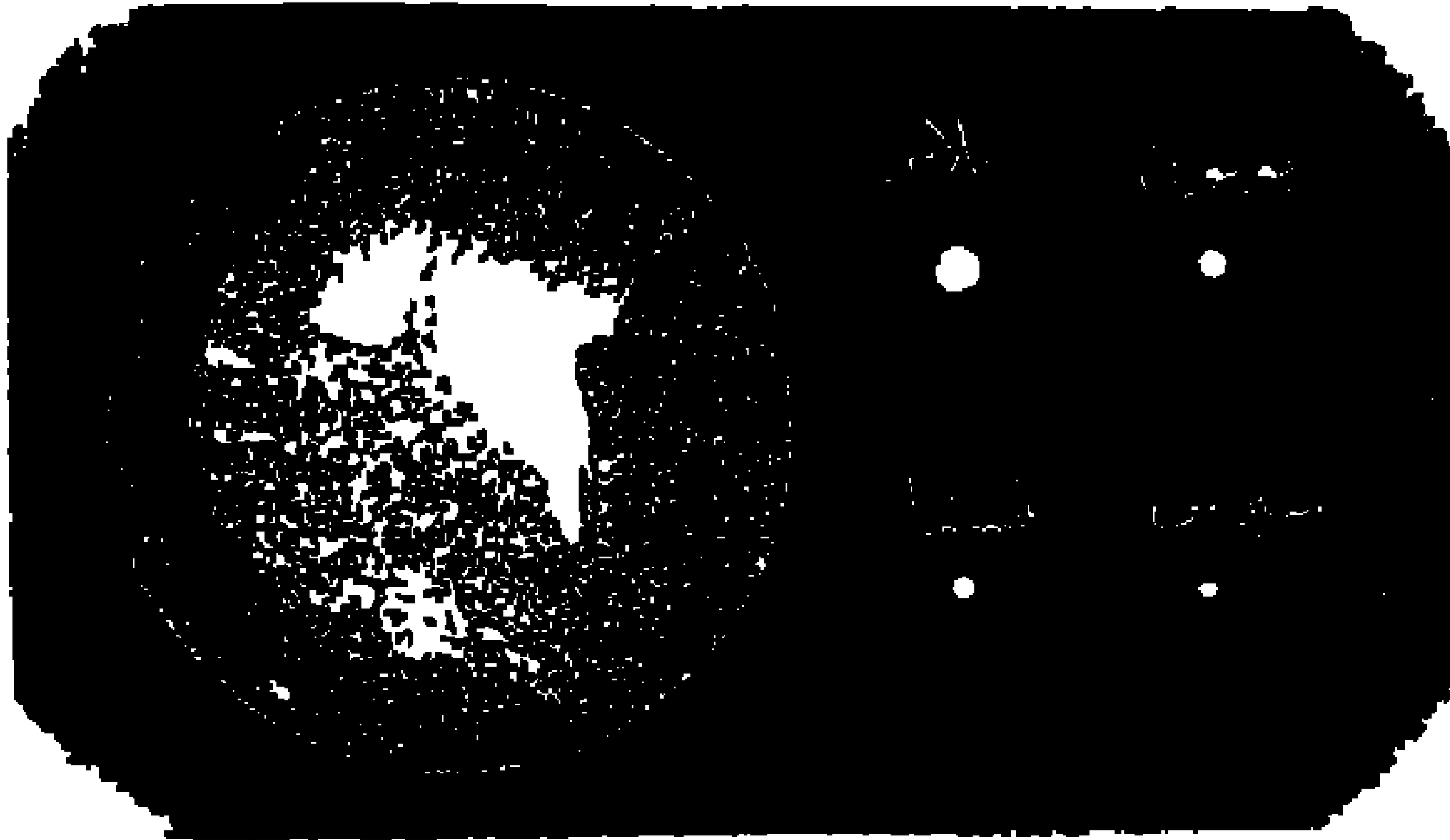
راي لاقريبر $\frac{١}{٣٩٦٨٣٠٠}$ على افتراض الشمس واحدًا اما فعلهُ في اضطراب حركات غيرهِ فقليل جدًّا فلا داعي الى تحقيق كلي في معرفة مادتهِ ولاجل حساب مواقعهِ يُعتمَد على زيج لاقريبر

النجيمات اي الشبيهات بالسيَّارات

(٣٨٩) حسب قانون بود المذكور انفًا (صحيفة ١٦٤)

عطارد	الزهرة	الارض	المريخ		المشتري	زُحَل الخ
٤	٧	١٠	١٦	٢٨	٥٢	١٠٠

فنرى الفسحة النسبية بين المرّيخ والمشتري فارغة وقد كُشِفَت عدة اجرام صغار في تلك الفسحة تدور في افلاك مختلفة الميل بعضها على بعض وعلى دائرة البروج. فكُشِف عن اربعة منها اي سيرس وبلاس ويونون وفستا في اوائل هذا القرن ومنذ سنة ١٨٤٥ قد كُشِف عن كثيرٍ منها فصارت المعروفة منها ١٢٧ وربما يكون عددها اكثر من ذلك كثيرًا وقد وضعنا هنا قائمة اسمائها واقطارها ومدّاتها الى حدّ ما عُلِمَت



شكل ١١٧ قدر الارض وبعض النجيمات النسبي

	اسم	مدة سنين	قطر اميالاً		اسم	مدة سنين	قطر اميالاً
(١)	سيرس	٤٫٦٠٠	٢٢٧	(١٣)	اجيريا	٤٫١٣٣	٧٣
(٢)	بلاس	٤٫٦١٠	١٧٣	(١٤)	ايريني	٤٫١٦٧	٦٨
(٣)	يونون	٤٫٣٦٣	١١٣	(١٥)	افنوميا	٤٫٢٩٧	١٣
(٤)	فستا	٣٫٦٢٧	٢٢٨	(١٦)	بسيخي	٥٫٠٠٦	٩٣
(٥)	استريا	٤٫١٣٦	٦١	(١٧)	ثيتس	٣٫٨٩٠	٥٣
(٦)	هيبي	٣٫٧٧٧	١٠٠	(١٨)	ملبومني	٣٫٤٧٩	٥٤
(٧)	إيرس	٣٫٦٨٦	٩٦	(١٩)	فرتونا	٣٫٨١٥	٦١
(٨)	فلورا	٣٫٢٦٦	٦٠	(٢٠)	مسيليا	٣٫٧٤٠	٦٨
(٩)	متِيس	٣٫٦٨٦	٧٦	(٢١)	لوتيتيا	٣٫٠٨١	٤٠
(١٠)	هيجيا	٥٫٥٨٩	١١١	(٢٢)	كليوبي	٤٫٩٦٣	٩٦
(١١)	برثنوبي	٣٫٨٤١	٦٣	(٢٣)	ثاليا	٤٫٢٦٣	٤٣
(١٢)	فكتوريا	٥٫٥٦٧	٤١	(٢٤)	ثيمس	٥٫٥٧٠	٣٦

	اسم	مدة سنين	قطر اميالاً		اسم	مدة سنين	قدر النجم
٢٥	فوشيا	٣٫٧٢٣	٣١	٥١	فرجينيا	٤٫٣١٠	١١٫٩
٢٦	پروسرپينا	٤٫٣٣٩	٤٧	٥٢	نيموسا	٣٫٦٦٧	١٠٫٤
٢٧	افتربي	٣٫٥٩٦	٣٩	٥٣	اوروپا	٥٫٤٥٨	١٠٫٥
٢٨	بلونا	٤٫٦٣١	٥٩	٥٤	كلپسو	٤٫٣١٧	١١٫٥
٢٩	امفتريتي	٤٫٠٨٤	٨٣	٥٥	الكساندرا	٤٫٥٥٣	١١٫٠
٣٠	اورانيا	٣٫٦٣٥	٥١	٥٦	پاندورا	٤٫٦٠٨	١٠٫٩
٣١	افروسيني	٥٫٦٠٧	٥٠	٥٧	منيموسيني	٥٫٦١٦	١٠٫٩
٣٢	بومونا	٤٫١٦٠	٣٥	٥٨	كونكورديا	٤٫٤٣١	١١٫٦
٣٣	پليهمنيا	٤٫٨٤٨	٣٨	٥٩	داناني	٥٫١٣١	١١٫٧
٣٤	شيرشي	٤٫٣٩٧	٣٩	٦٠	اوليپا	٤٫٤٧٣	١١٫٣
٣٥	لفكوثيا	٥٫٣١٥	٣٥	٦١	ايرانو	٥٫٥٣٧	١١٫٨
٣٦	اتالانتا	٤٫٥٥٧	٣٠	٦٢	ايخو	٣٫٧٣٩	١٢٫٣
٣٧	فيذس	٤٫٣٩٥	٤١	٦٣	اوسونيا	٣٫٧١٣	٩٫٩
٣٨	ليدا	٤٫٥٣٥	٣٩	٦٤	انجلينا	٤٫٣٨٥	١٠٫٣
٣٩	لينتيا	٤٫٦١٣	٨٧	٦٥	سيبلي	٦٫٦٥٨	١١٫٣
٤٠	هرمونيا	٣٫٤١٥	قدر النجم ٩٫١	٦٦	مايا	٤٫٣٣٣	١٢٫٧
٤١	دفني	٤٫٦٠٥	١٠٫٣	٦٧	اسيا	٣٫٧٦٩	١١٫٦
٤٢	ايسس	٣٫٨١٣	١٠٫٥	٦٨	هسپيريا	٥٫١٨٦	١٢٫٠
٤٣	اريادني	٣٫٢٧٣	١٠٫٣	٦٩	ليتو	٤٫٦٣٣	١٠٫٣
٤٤	نيسي	٣٫٧٧٤	١٠٫٣	٧٠	پانوپيا	٤٫٣٢٤	١١٫١
٤٥	افجينيا	٤٫٤٧٦	١٠٫٨	٧١	فيرونيا	٣٫٤١١	
٤٦	هستيا	٣٫٩٩٥	١١٫٦	٧٢	نيوبي	٤٫٥٧٤	١٠٫٨
٤٧	مليتي	٤٫١٨٩	١١٫٥	٧٣	كليتي	٤٫٣٥٠	
٤٨	اغلايا	٤٫٨٩٦	١١٫٣	٧٤	كالاتيا	٤٫٦٣٩	
٤٩	دورس	٥٫٤٧٠	١١٫٠	٧٥	افريدشي	٤٫٣٦٣	
٥٠	پالس	٥٫٤٣١	١٠٫٨	٧٦	فرّيا	٦٫٣٣٥	

	اسم	مدة	قدر		اسم	مدة	قدر
٧٧	فريجيا	٤٫٣٦٨		١٠٣	هيرا		
٧٨	ديانا	٤٫٢٤٨		١٠٤	كليميني		
٧٩	اقرينومي	٣٫٨١٩		١٠٥	ارتيمس		
٨٠	صافو	٣٫٤٨٠		١٠٦	ديوني		
٨١	تربسيخوري	٤٫٨٣٧		١٠٧	كاملا		
٨٢	الكميني	٤٫٥٨٦		١٠٨	هيكوبا		
٨٣	بياتركس	٣٫٧٨٥		١٠٩	فيلشيتاس		
٨٤	كليو	٣٫٦٤٣		١١٠	ليديا		
٨٥	ايو	٤٫٣٣٧		١١١	آتي		
٨٦	سميلي	٥٫٤٣٤		١١٢	ايفيجينيا		
٨٧	سلفيا			١١٣			
٨٨	تسي	٤٫٥٦١		١١٤	كاساندرا		
٨٩	جوليا	٤٫٠٤٣		١١٥			
٩٠	انتيوبي			١١٦			
٩١	ايجينا			١١٧	لوميا		
٩٢	اونديتا			١١٨	بيثو		
٩٣	منرفا			١١٩	ألثيا		
٩٤	اوسيرا			١٢٠	لاخيسس		
٩٥	اريثوسا			١٢١	هرميوني		
٩٦	ايجلي			١٢٢	غردا		
٩٧	كلوثو			١٢٣	برونهلدا		
٩٨	ايانثي			١٢٤	الشستس		
٩٩	ذيكي			١٢٥	ليبراتركس		
١٠٠	هيكاتي			١٢٦	فليدا		
١٠١	هيلانة			١٢٧	يوحنة		
١٠٢	مريم			١٢٨	نميسس		

اسم		مدّة	قدر	اسم		مدّة	قدر
(١٢٩)	انتيجوني			(١٣٤)	صفروسوني		
(١٣٠)	الكترا			(١٣٥)	لم يسمّ الى الآن		
(١٣١)	فالا			(١٣٦)	" " "		
(١٣٢)	ايترا			(١٣٧)	" " "		
(١٣٣)	كيربني			( )			

(٣٩٠) ان هذه النجيمات لا تُرَى بغير نظارة الاّ واحدة منها وهي وستا على قدر نجم من المقدار الخامس والسادس ولصغرها يعسر قياسها وتُعرَف انها سيارات بحركاتها وقطر اكبرها پلاس نحو ٣٠٠ ميل حسب البعض و ٦٧٠ ميل حسب البعض وافلاكها مائلة على دائرة البروج كثيرًا فميل فلك هبي ١٤° وميل فلك پلاس ٣٤° ٤٣′ ومباينة افلاكها اكثر من مباينة افلاك سائر السيارات اقلها مباينة اوروبا = ٠٠٤°٠ ومعظمها مباينة پليهمنيا = ٣٣٧°٠ والاقل ميلاً على دائرة البروج فلك مسيليا = ١٤′ ومعظمها ميلاً بلاس = ٣٤° ٤٣′ وهي تشغل منطقة عرضها نحو ١٠٠٠٠٠٠٠٠ ميل

اقربها الى الشمس فلورا معدل بعدها ٢٠١٢٧٤٠٠٠ ميل تدور في $\frac{1}{4}$ ٣ سنين اي ١١٩٣ يومًا وابعدها سبيلة معدّل بعدها ٣١٢٧٣٧٠٠٠ ميل مدتها ٦ $^{\circ}$٦ سنين اي ٢٤٢١ يومًا ومعدل مدّاتها $\frac{1}{2}$ ٤ سنين ومعدّل بعدها من الشمس ٢٥٤٠٠٠٠٠٠ ميل وانورها فستا واضعفها نورًا انلانتا ومن قلة تاثير جاذبية كل هذه الاجرام في حركات الارض والمريخ قد يُزعَم ان مجتمعها لا يبلغ اكثر من $\frac{1}{1800}$ من جرم الارض وقد زعم البعض ان عددها كثير جدًّا فلم يزل علماء هذا الفن يفتشون عليها بنظاراتهم

اذا وافقت الظروف فقد نشاهد سيرس بالنظر المجرّد على هيئة نجم من القدر السابع او الثامن اما پلاس فمتى كانت اقرب الى الارض فيظهر على هيئة نجم من القدر السابع اما يونون فعلى هيئة نجم من القدر الثامن

من ميل افلاك هذه الاجرام بعضها على بعض يقرب بعضها الى بعض احيانًا فقد تقرب فيدس ومايا حتى يصير بينها $\frac{1}{40}$ من قطر فلك الارض اي نحو ٤٥٠٠٠٠٠ ميل

• قال سر وليم هرشل لو وُضِع انسان على احد هذه الاجرام الصغار لقفز بالسهولة الى علو ٦٠ قدمًا ولا يُضَرّ بسقوطه اكثر مما يضر بالسقوط ذراعًا على سطح الارض

من كثرة هذه الاجرام المكتشف عنها قد ترجح راي اولبرس انها قطع جرم كبير كان بين

المريخ والمشتري فقد انفجر
قد اصطُنِعَت زيجات لفلورا وفكتوريا وملبوميني وميتس

المشتري ♃

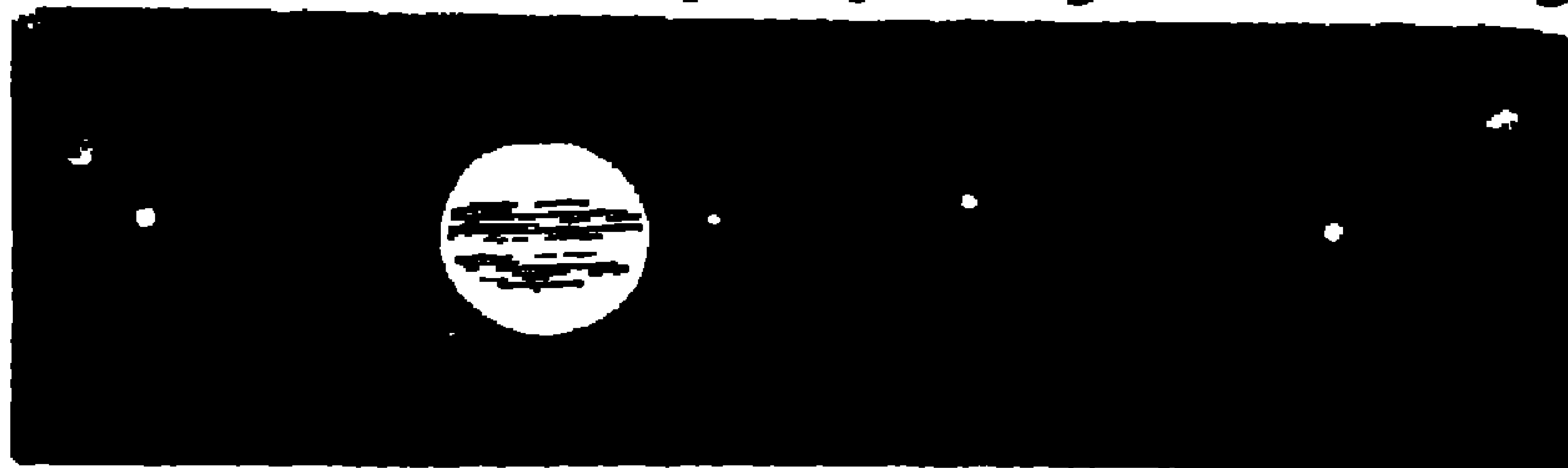
(٣٩١) المشتري اكبر سيارات النظام الشمسي ومعدَّل بعدهِ عن الشمس ٤٧٥٦٩٣٠٠٠ ميل ومباينة فلكهِ ٠.٠٤٨ فمعظم بعدهِ عن الشمس ٤٩٨٦٠٣٠٠٠ ميل واقلهُ ٤٥٢٧٨٢٠٠٠ ميل ومدة دورانهِ حول الشمس ١١.٨٦ سنة وقطرهُ الظاهر يختلف بين ٥٠" ٧' في الاستقبال و٣٠" ٨' في الاقتران ومعدَّله ٣٧" ٩١' فيكون قطرهُ الاستوائي ٨٨٤٠٠ ميل ودورانهُ على محورهِ مرة في ٩٢' ٩ ساعة او ٩ʰ ٥٥ᵐ ٢١ˢ حسب البعض وفي ٩ʰ ٥٥ᵐ ٢٩ˢ حسب البعض وثقلهُ النوعي ١.٣ ولبعدهِ عن الشمس لا يُرَى غير بدر الَّا ان قطرهُ يقصر ظاهرًا وهو في التربيع وجرمهُ ١ مرة جرم مجتمع سائر السيارات ومادتهُ ٢ مادة كل السيارات الأُخَر معًا وسرعة حركة قسمهِ الاستوائي ٤٦٧ ميل كل دقيقة اي ما بين ٧ و٨ اميال كل ثانية وحركة قسم الارض الاستوائي ١٧ ميلاً كل دقيقة وهو هليلجي الشكل وهليلجيتهُ $\frac{1}{17}$ اي فضلة قطريهِ ٤٩٠٠ ميل. فلكهُ مائل على دائرة البروج ١° ١٩' وخطهُ الاستوائي مائل على سطح فلكهِ ٣° ٥' ٣٠" فقط فلا تغيير فصول فيهِ من هذا القبيل وكثافتهُ ٠.٢٤ اي اكثر من كثافة الماء قليلاً وحركتهُ في فلكهِ ٧٠٠٠٠ ميل كل يوم اي ٣٠٠٠٠ ميل كل ساعة اي ٨٠ مرة اسرع من كلة مدفع وهو ١٤٠٠ مرة اكبر من ارضنا ولكبر جرمهِ تكون الجاذبية على سطحهِ ٢.٤٣ على افتراض الجاذبية على سطح الارض واحدًا

(٣٩٢) معرفة موقع المشتري سهل جدًّا لاننا متى عرفناهُ مرة نتبعهُ من سنة الى سنة لانهُ ينتقل كل سنة اكثر قليلاً من برجٍ واحد وبواسطة نظارةٍ قوية يُرَى على وجههِ مناطق توازي خطهُ الاستوائي مختلفة العرض والالوان غير ثابتة على هيئةٍ واحدة وتارةً تتغير تحت نظر الراصد. ذكر صَوْث بقعة طولها بالاقل ٢٢٠٠٠ ميل تلاشت في نحو ٣٠ دقيقة وذلك دليل على حدوث ظواهر وتغيرات على سطحهِ من قبل مياه وغيوم وامطار وابخرة وهواء وما يشبه ذلك (انظر الصورة الثامنة) وقد زعم بعضهم ان هذه الظواهر ليست من فعل الشمس بهِ بل من حرارتهِ الذاتية. والتغيرات الحادثة على سطحهِ في ابخرتهِ كثيرة جدًّا حتى انهُ قد شوهد قمر من اقمارهِ يختفي وراءهُ ثم يظهر عند المحل الذي اختفى فيهِ وذلك من قبل تمدُّد الكرة الهوائية او البخارية المحيطة بالسيار ثم تَقَلُّصهِ

اما نواحي خطهِ الاستوائي فغالبًا انور من باقي سطحهِ وقد يُرَى على سطحهِ حلقات غير ثابتة وحدود المناطق المشار اليها غير واضحة وهي مزرقة اللون تمتاز بسهولة عن لون جرم السيار وتتلاشى

نحو جانبيهِ قبل ان تنتهي الى حافتهِ تمامًا

متى كان المشتري اقرب الى الارض يضاهي نورهُ نور الزهرة فيرمي ظلاً ويُشاهَد نهارًا . اما قوّة سطحهِ لتعكيس النور فاصلح من سطح القمر على نسبة ١٤ : ١ حسب المعلم بوند اما قوس تقهقرهِ فيبتدئ او ينتهي متى كان بين السيار والشمس زاوية تختلف بين ١١٢° ٣٥′ و١١٦° ٤٢′ وطول قوس التقهقر يختلف بين ٩° ٥١′ و٩° ٥٩′ ويمر بها في مدة تختلف بين ١١٦ي ١٨س و١٢٢ي ١٢س



شكل ١١٨ المشتري واقمارهُ

(٢٩٣) للمشتري اربعة اقمار (شكل ١١٨) تُرَى بنظارة صغيرة رآها اولاً جليليو في بادوا في ٧ ك٢ سنة ١٦١٠ ولم يتحقق انها اقمار حتى اليوم الثاني واحيانًا يُرَى اثنان منها بالنظر المجرد وذلك سهل في نواحي بحيرة اورميا في بلاد فارس وفي سهول سيبريا . حكى بعض السواح في تلك النواحي قال صادفت ذات ليلةٍ صيادًا اشار الى المشتري قائلاً رايت ذلك النجم الكبير يبلع نجمًا صغيرًا ثم يبصقهُ ايضًا . راى احتجاب قمر من اقمارهِ . ولكون افلاكها في سطح دائرة البروج الاَّ قليلاً وايضًا في سطح دائرة خط الاستواء للمشتري تُرَى غالبًا على خطٍ مستقيم مار بمركز السيار كما يُرَى في شكل ١١٨ فمن تباينها الاعظم غربًا تمرُّ وراء السيار الى معظم تباينها شرقًا ثم تمر بيننا وبين السيار بحركة متقهقرة الى معظم تباينها غربًا ايضًا وهي اكبر قليلاً من قمرنا الاَّ الثاني وتمتاز بالاوَّل والثاني والثالث والرابع حسب بعدها عن السيار وقد وضعنا هنا جدولاً محتويًا ابعادها عن السيار في اجزاء من نصف قطرهِ والبعد في اميال واوقات دورانها النجمي حولهُ واقطارها ومادتها وكثافتها وثقلها النوعي



شكل ١١٩ اقدار الارض والقمر واقمار المشتري النسبية

	كاشفة	معدل البعد في ½ق ♃	معدل البعد اميال	مدة نجمية		معدل قطر ظاهر	قطر	قطر منظور من ♃	قطر ♃ من الاقمار	معظم تباينها في 8	مادة ♃ = ١ لابلاس	كثافة ⊕=١	كثافة ماء=١	[illegible]
(١) ايو	جليليو	٦ ٠٥	٢٦٧٢٨٠	٧٧ ١ي	١ي ١٨ س ٢٨ د	١ ٠٣″	٢٣٥٢	٣٨ ١١″	١٩ ٤٩	١٥ ٢″	٠,٠٠٠٠١٧	٠,٠٢٠	٠,١١٤	٧
(٢) اوروبا	في بادوا	٩ ٦٣	٤٣٥١٥٦	٣ ٥٥	٣ ١٣ ٤	٠ ٩١	٣٠٩٩	٣٥ ١٧″	٣٥ ١٣	٣ ٥٠ ٢″	٠,٠٠٠٠٢٣	٠,٠٣٠	٠,١٧١	٧
(٣) كانيميد	٧ ك٢	١٥ ٣٥	٦٧٨٣٩٣	٧ ١٥	٧ ٣ ٤٣	١ ٤٩	٣٤٣٦	١٨ ٠	٧ ٤٧	٤ ٦ ٥″	٠,٠٠٠٠٨٨	٠,٠٦٩	٠,٣٩٦	٦
(٤) كالستو	١٦١٠	٢٦ ٩٩	١١٩٢٨٢٣	١٦ ٦٩	١٦ ١٦ ٣٣	١ ٣٧	٣٩٢٩	٨ ٤٦	٤ ٣٥	٤ ٥ ٩″	٠,٠٠٠٠٤٣	٠,٠٣٩	٠,٢٢٢	٧

مدة دوام كسوف الاوّل ٢س ٢٠د

" " الثاني ٢ ٥٦

" " الثالث ٣ ٤٣

" " الرابع ٤ ٥٦

مباينة فلك الاوّل والثاني صفر ومباينة الثالث والرابع قليلة متغيرة

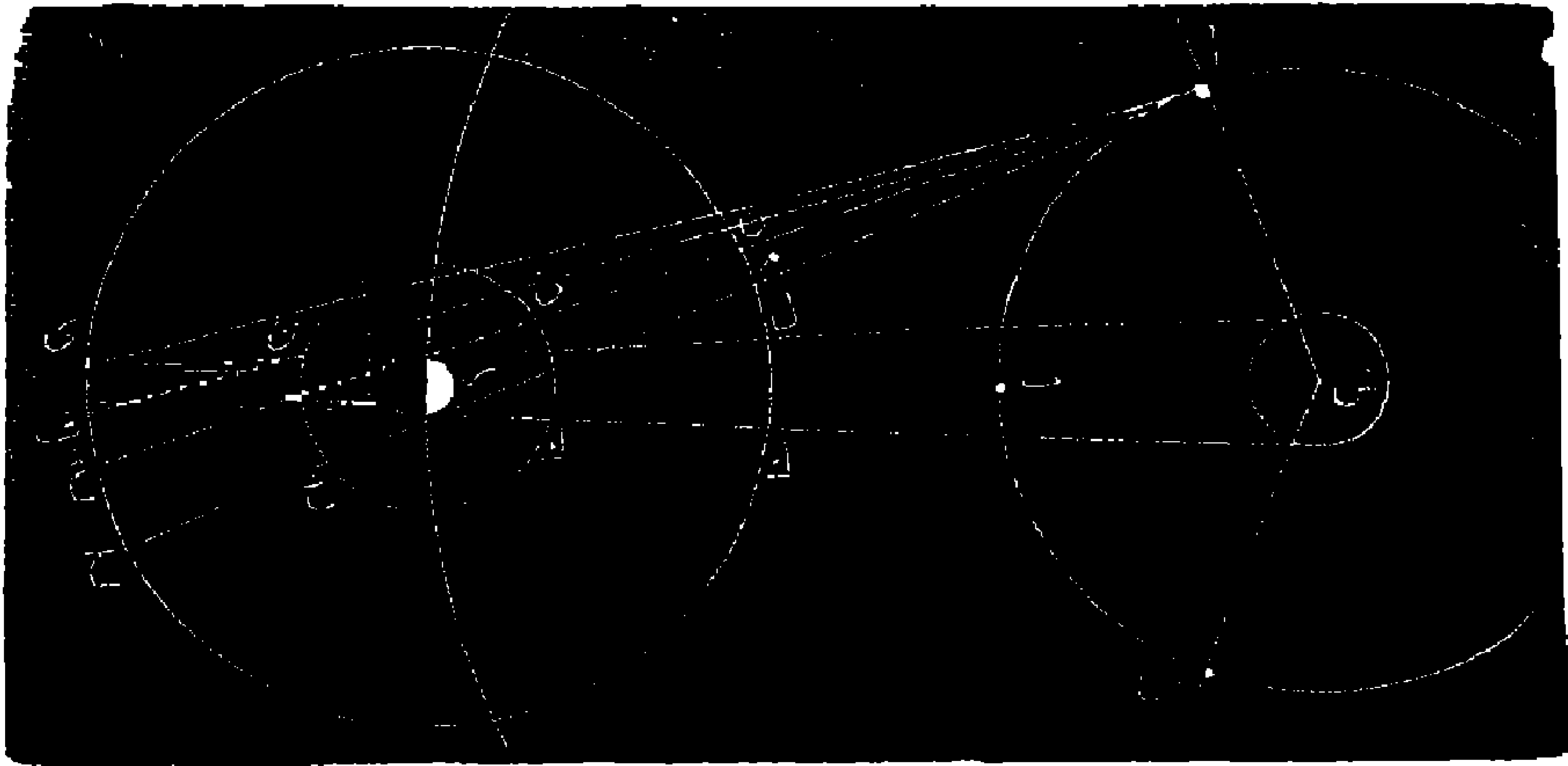
القمر الاوّل ابعد عن المشتري من بعد قمرنا عن الارض والقمر الثاني يعدل قمرنا تقريبًا والبقية اعظم منهُ والثالث اعظم الجميع واحيانًا يختفي منها ثلاثة معًا ونادرًا الاربعة معًا وراء السيار او في ظلهِ وقد يتفق اقتران ثلاثة منها حتى تُرى بالنظر المجرد واحدًا وقد يتفق ذلك في الاربعة

افلاك هذه الاقمار قلما تختلف عن دوائر تامة وسطوحها في سطح خط الاستواء للسيار الّا قليلاً وبالنتيجة تميل قليلاً على سطح فلكهِ لان محورهُ مائل على سطح فلكهِ قليلاً كما تقدم فلا تختلف فصولهُ بما يُعتبر

(٢٩٤) اذا مرّ قمر في ظل المشتري قيل انهُ مخسوف واذا مرّ وراء جرم السيار قيل انهُ محتجب ومتى وقع ظل قمرٍ على السيار قيل ان السيار مخسوف ومتى مرّ بيننا وبين السيار قيل ان السيار محتجب

خسوف اقمار المشتري تشبه في اكثر رؤيتها خسوف قمرنا غير انهُ لبعد المشتري عن الشمس وعظمهِ يكون مخروط ظلهِ اطول من الذي للارض فلذلك ولقلة ميل افلاك الاقمار على فلك السيار تخسف كليًّا في كل دورة سوى ان الرابع لبعدهِ عن السيار وزيادة ميل فلكهِ بالنسبة الى البقية احيانًا يمس الظل مسًّا واحيانًا يخسف جزئيًّا وهذه الخسوفات لا نشاهدها من مركز افلاك الاقمار كما هو الحال في خسوف قمرنا بل من مكانٍ بعيد خارج افلاكها غير ثابت فلا بد ان تختلف رؤيتها من هذا القبيل ايضًا

(٢٩٥) متى كان المشتري الى شرقي الاستقبال يسبق الخسوف الاحتجاب ابدًا ومتى كان الى غربي الاستقبال يسبق الاحتجاب والخسوف ابدًا كما يتضح من شكل ١٢٠



شكل ١٣٠ كيفية خسوف اقمار المشتري واحتجابها

ليكن ش (شكل ١٣٠) الشمس ا ب س الارض في مواقع مختلفة من فلكها ر المشتري ي ف غ خ الخ فلك قمر من اقمارهِ غير الاوّل فمتى كانت الارض عند ا يكون الاستقبال على استقامة ش ا والمشتري الى شرقيهِ فالقمر يدخل الظل عند ي ويخرج عند ف ثم يحتجب وراء السيار عند غ ويظهر ايضًا عند خ فينتهي الخسوف قبل ما يبتدئ الاحتجاب . وكذلك يبتدئ خسوف السيار نفسهُ متى كان القمر عند ك وينتهي عند ل ويبتدئ احتجاب السيار عند وصول القمر الى م وينتهي عند وصولهِ الى ن

لو كانت الارض عند س لكان الاستقبال على استقامة ش س وكان المشتري الى غربي الاستقبال فكان القمر يختفي وراء السيار قبل دخولهِ الظل اي الاحتجاب يسبق وكان بتوسط بيننا

وبين السيار قبل وقوع ظلهِ على السيار

فلما يتفق وقوع الارض والاقمار بحيث تنتهي الظاهرة الواحدة قبل ابتداء الاخرى وذلك لا يحدث مطلقاً مع القمر الاوَّل كما يُرَى من النظر الى فلكهِ يَ حَ كَ لَ فالخسوف يبتدئ عند يَ والاحتجاب ينتهي عند حَ وخسوف المشتري يبتدئ عند كَ والاحتجابهُ ينتهي عند نَ وفي بعض هذه المدَّة يُرَى ظل القمر وجرمهُ على وجه السيار (انظر الصورة الثامنة)

متى كانت الارض عند ب اي عند استقبال المشتري يحدث الخسوف والاحتجاب معاً واحتجاب السيار وخسوفهُ معاً . اما القمر الاوَّل والثاني والثالث فلا تخسَف الثلاثة معاً وقد يتفق وقوع ظل قمرين على سطح السيار معاً .وقد شوهد على هذه الاقمار كلف وبقع تتحرك من جانب الى جانب فاستنتج انها تدور بسرعة على محوراتها اما سر وليم هرشل فيقول انها تدور على محوراتها في نفس مدة دورانها حول السيار مثل قمرنا

(٢٩٦) كشف سرعة النور بواسطة اقمار المشتري . في سنة ١٦٧٥ لاحظ رمر ان خسوفات اقمار المشتري تحدث قبل الاوقات المحسوبة لها متى كانت الارض في بعدها الاقرب من المشتري وتتاخر عن تلك الاوقات متى كانت الارض على بعدها الابعد منهُ وبسبب كثرة وقوع هذه الكسوفات يسهل استعمال معدَّل المدة بينها ومن ذلك تُحسَب للمستقبل فلوحظ انهُ لما كانت الارض اقرب الى المشتري كانت المدَّات تنقص عن المعدَّل ٨ ½ ١٢ ث ومتى بعدت عنهُ تاخرت عن المعدَّل ٨ ½ ١٢ ث اي يقتضي للنور ١٦ ٢٧ ث لكي يقطع فلك المشتري فتكون سرعتهُ نحو ٢٠٠٠٠٠ ميل كل ثانية وذلك يوافق ما دل عليهِ انحراف النور كما تقدم (عـ ١٩١) ويختلف قليلاً عن سرعة النور حسب امتحانات فيزو التي بموجبها تكون سرعة النور ١٩٤٠٠٠ ميل كل ثانية

(٢٩٧) بين حركات القمر الاوَّل والثاني والثالث نسبة غريبة وهي ان طول الاوَّل الا ثلاث مرات طول الثاني + ٢ × طول الثالث = ١٨٠° وحركة الاوَّل النجمية + مضاعف حركة الثالث = ثلاث مرات حركة الثاني ابداً ولذلك لا يمكن ان تخسَف الثلاثة معاً الى مدة طويلة اذ يقتضي لذلك ان تتساوى في الطول فيكون مجتمع طول الكل صفراً وذلك كما تبان من المشتري لا كما تبان من الارض وقد حسب ورجنتين من زيجاتهِ اتفاق خسوف هذه الاقمار الثلاثة لا يمكن حتى بعد ١٣١٧٩٠٠ سنة ولو تغيرت حركة الثانية السنوية ٣٣" لكان ذلك الاتفاق غير ممكن الى الابد

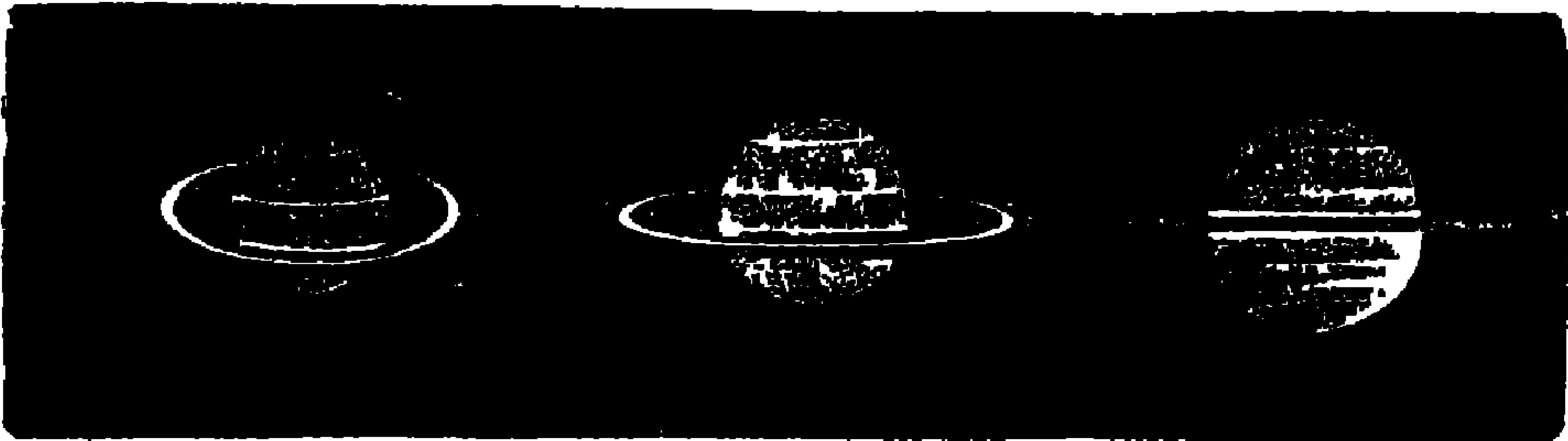
ان خسوف هذه الاقمار تُحسَب بكل تدقيق في المنهاج السنوي لهاجرة مفروضة فاذا رُصِدَت في مكان آخر وعُيِّن الوقت يُعرَف الفرق بين وقت تلك الهاجرة ووقت المكان فيُعرَف الطول غير انهُ يحتمل

خطاء ٣٠" او ٣٠" لعدم امكان ملاحظة وقت الدخول او الخروج بالتدقيق ولبعض الخطاء في زيجات المشتري واقاره

بسبب اقار المشتري سهلت معرفة مادته وقد اتفق فيها الراصدون تقريبًا وهي حسب انكي $\frac{1}{1050}$ وحسب ستنيني $\frac{1}{1050}$ وحسب ابري $\frac{1}{1048.69}$ وحسب بسل $\frac{1}{1047.287}$ زيج المشتري هو زيج بوفارد طُبع سنة ١٨٢١ وزيج اقماره زيج داموسيو طُبع سنة ١٨٣٦ . وكلاهما يحتاج الى اصلاح

زُحَل ♄

(٣٩٨) مدة دورانهِ ٣٢٥٩ ٫ ١٠٧٥٩ يومًا = ٤٥ ٫ ٢٩ سنة ومعدّل بعدهِ عن الشمس ٨٧٢١٢٤٠٠٠ ميل ومباينة فلكهِ ٠٫٠٥٦ فبعدهُ الابعد عن الشمس ٩٢١١٠٥٠٠٠ ميل والاقرب ٨٣٢١٦٤٠٠٠ وقطرهُ الظاهر يختلف بين ٦ ١٤" في الاقتران و٢ ٢٠" في الاستقبال فيكون قطرهُ الاستوائي ٧١٩٠٤ اميال وتسطيحهُ القطبي نحو $\frac{1}{10}$ وثقلهُ النوعي ٠٫٧ على افتراض الماء واحدًا ويدور على محورهِ في ١٠ س ٢٩ د ١٧ ث وميل فلكهِ على دائرة البروج ٢° ٢٥' ٢٦"



شكل ١٢١ زُحَل على بعدهِ الابعد والاوسط والاقرب مع اختلاف رؤية حلقاتهِ

(٣٩٩) على سطح زُحَل مناطق كما تقدم في المشتري غير انها اقل وضوحًا من مناطق المشتري والظاهر ان طبيعتها كما تقدم في مناطق السيار المذكور اي من تلقاء غيوم وابخرة وعواصف الّا انها منحنية الشكل خلاف مناطق المشتري التي هي على خطوط مستقيمة كما يرى من الصورة التاسعة فان كانت هذه المناطق توازي خطة الاستوائي يكون سطح ذلك الخط مائلاً على دائرة البروج على زاوية ليست صغيرة وسر وليم هرشل من رصدهِ منطقة مخمسة السيور من ٤ ك ١ سنة ١٧٩٣ الى ١٦ ك ٢ سنة ١٧٩٤ عيّن مدة دورانهِ على محورهِ وقد زعم العلّامة المشار اليهِ انهُ رأى اقمار زُحَل عند الاحتجاب يخف نورها قليلاً قبل احتجابها التام واستنتج من ذلك وجود كرة هوائية ومنظر جهاتهِ القطبية تتغير باتجاهها نحو الشمس او عنها وخطة الاستوائي مائل على سطح فلكهِ نحو $\frac{1}{2}$ ٢٨° فتشبه فصولهُ من هذا القبيل فصول المرّيخ

لما نظر جليليو الى هذا السيار اولاً بنظارتهِ الصغيرة رآهُ متطاولاً بيضي الشكل فزعم انهُ سيار

كبيرله سياران صغيران بجانبيه ثم رأى الصغيرين المزعومين يصغران مع بقائها على نسبة واحدة الى السيار الكبير وضعًا حتى تلاشيا فاحتار هذا الفيلسوف حيرة واخبر صاحبهُ كبلر باكتشافهِ حسب عوائد تلك الايام بهذا اللغز

smaismrmilmepoetalevmibvnenvgttaviras

معناهُ

Altissimvm' planetam tergeminvm observavi

اي رأيت ابعد السيارات مثلثًا

ثم باصلاح النظارات وتقويتها رأى هيوغنس بعد ٥٠ سنة ما حيَّر جليليو اي الحلقات فاعلن اكتشافهُ بهذا اللغز

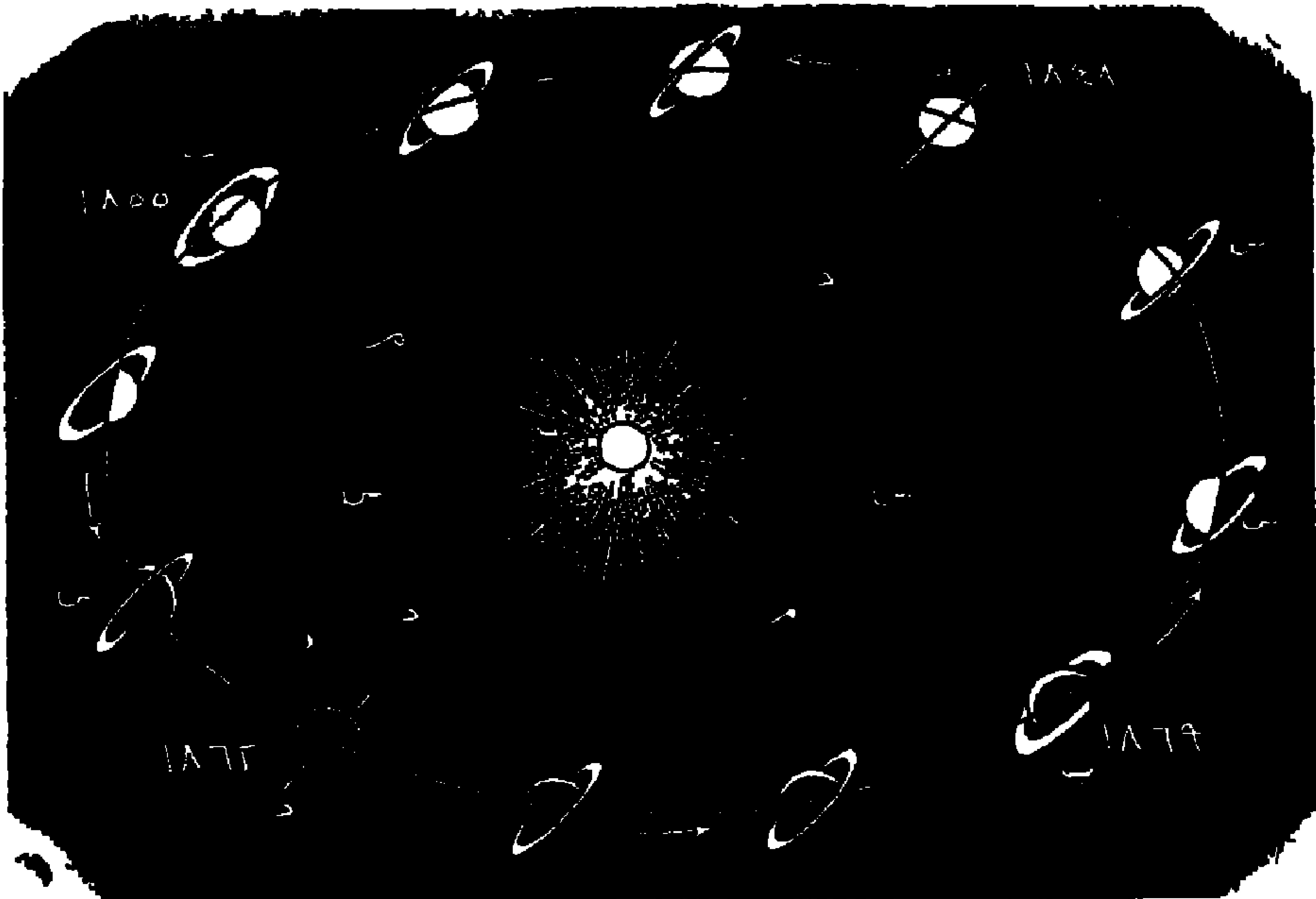
aaaaaaa ccccc d eeeee g h iiiiiii llll mm nnnnnnnnn oooo pp q rr s ttttt uuuuu

معناهُ

Annulo cingitur tenui plano. nusquam cohaerente, ad eclipticam inclinato

اي السيار محاط بحلقة دقيقة مسطحة كلها بعيد عن سطحهِ ومائلة على دائرة البروج

(٣٠٠) من غرائب هذا السيار الحلقات الثلاث المحيطة بهِ تُرَى منها اثنتان بنظارة معتدلة القوَّة ولاجل التمييز سُمّيت الخارجية A والتي داخلها B وبواسطة نظارة قوية تُرَى ثالثة C شفافة



شكل ١٢٢

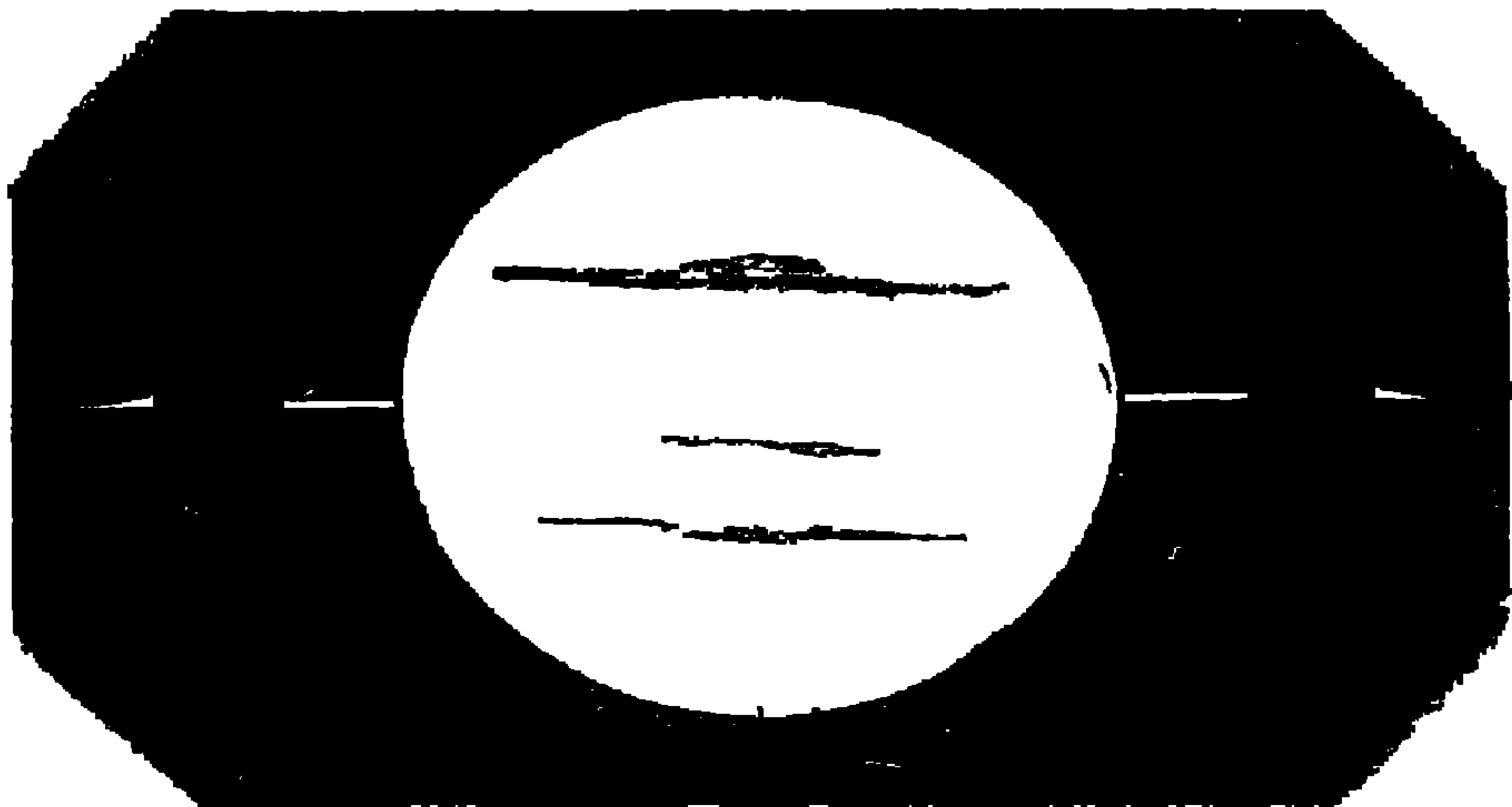
سُمّيت الحلقة الكُرَيشية وهذه الحلقات لا تختلف كثيرًا عن دوائر صحيحة غير اننا نراها هليلجية لسبب النظر اليها بالورب فاذا اتجهت حافتها نحو الارض تختفي عن النظر ولكونها تبقى متوازية لنفسها ابدًا تتجه حافتها نحو الارض كل سنة مرتين كما يتضح من شكل ١٢٢ وسطح الحلقات مائل على دائرة

البروج ٣٨° ١١′ وطول عقدتها الصاعدة ١٦٧° ٤٩′ ٣٦″ = ١٨° السنبلة وطول النازلة ٣٤٧° ٤٩′ ٣٦″ = ١٨° الحوتين وذلك لسنة ١٨٦٠ وهو يزيد كل سنة ٣٦٣ ٤٦″ فعند الاولى تصعد الارض من تحت سطح الحلقات الجنوبي الى فوق سطحها الشمالي وبالعكس عند الثانية

وجرم السيار ليس في مركز الحلقة تماماً بل الفسحة بينها الشرقية على معدّل بعد زُحَل من الارض هي ٢٨٨ ١١″ والغربية ٠٧٢ ١١″ ولولا ذلك ودورانها حول السيار لسقطت اليهِ بالجاذبية

اما قياسات الحلقات على معدّل بعد السيار فهي حسب رصود ستروف

قطر الحلقة الخارجية من الخارج الى الخارج	٠٩٥ ٤٠″	=	١٦٩٥٣٠	ميل
" " " داخل الى داخل	٢٨٩ ٣٥	=	١٤٩٣١٠	
عرض " "	٤٠٣ ٣	=	١٠١٦٠	
قطر الحلقة الداخلية من الخارج الى الخارج	٤٧٥ ٣٤	=	١٤٥٧٦٨	
" " " داخل الى داخل	٦٦٨ ٢٦	=	١١٣٧٥٨	
عرضها	٩٠٣ ٣	=	١٦٥٠٣	
المسافة بين الحلقتين	٤٠٨ ٠	=	١٧٣٥	
بعد الحلقة من سطح السيار	٣٣٩ ٤	=	١٨٣٤٦	
قطر السيار الاستوائي	٦٠ ١٧	=	٧٤٤١٧	



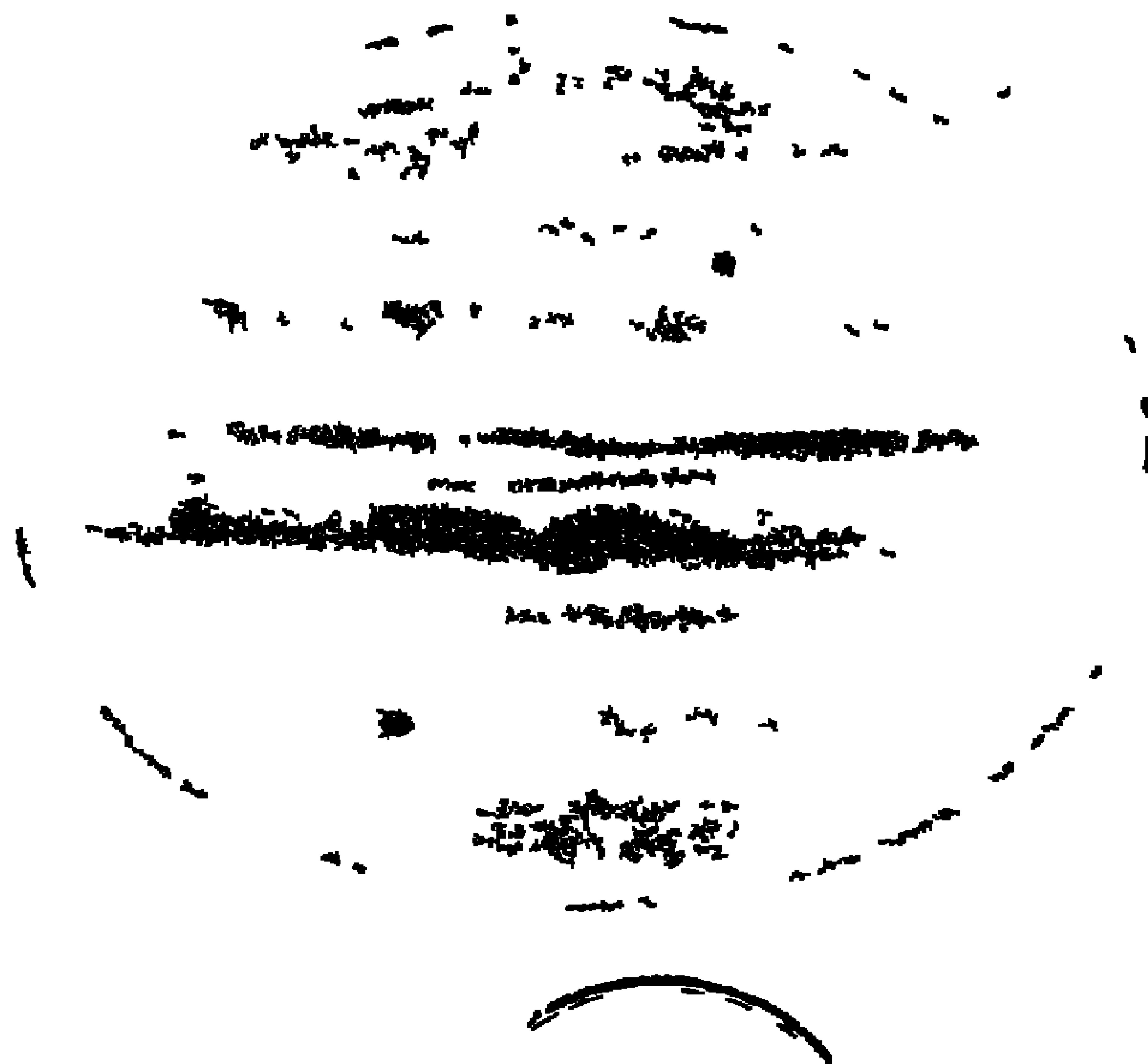
شكل ١٢٣

وقد حسب سر وليم هرشل عمق الحلقات ٢٥٠ ميلاً وقد حسبهُ العلّامة بوند ٤٠ ميلاً والراي الأرجح ان مادتها سيال لا جامد وعند مرور الارض بسطح الحلقات تُرَى كما في شكل ١٢٣ و ١٢٤

(٢٠١) يتضح ما تقدم من جهة اختفاء الحلقات بشكل ١٢٢

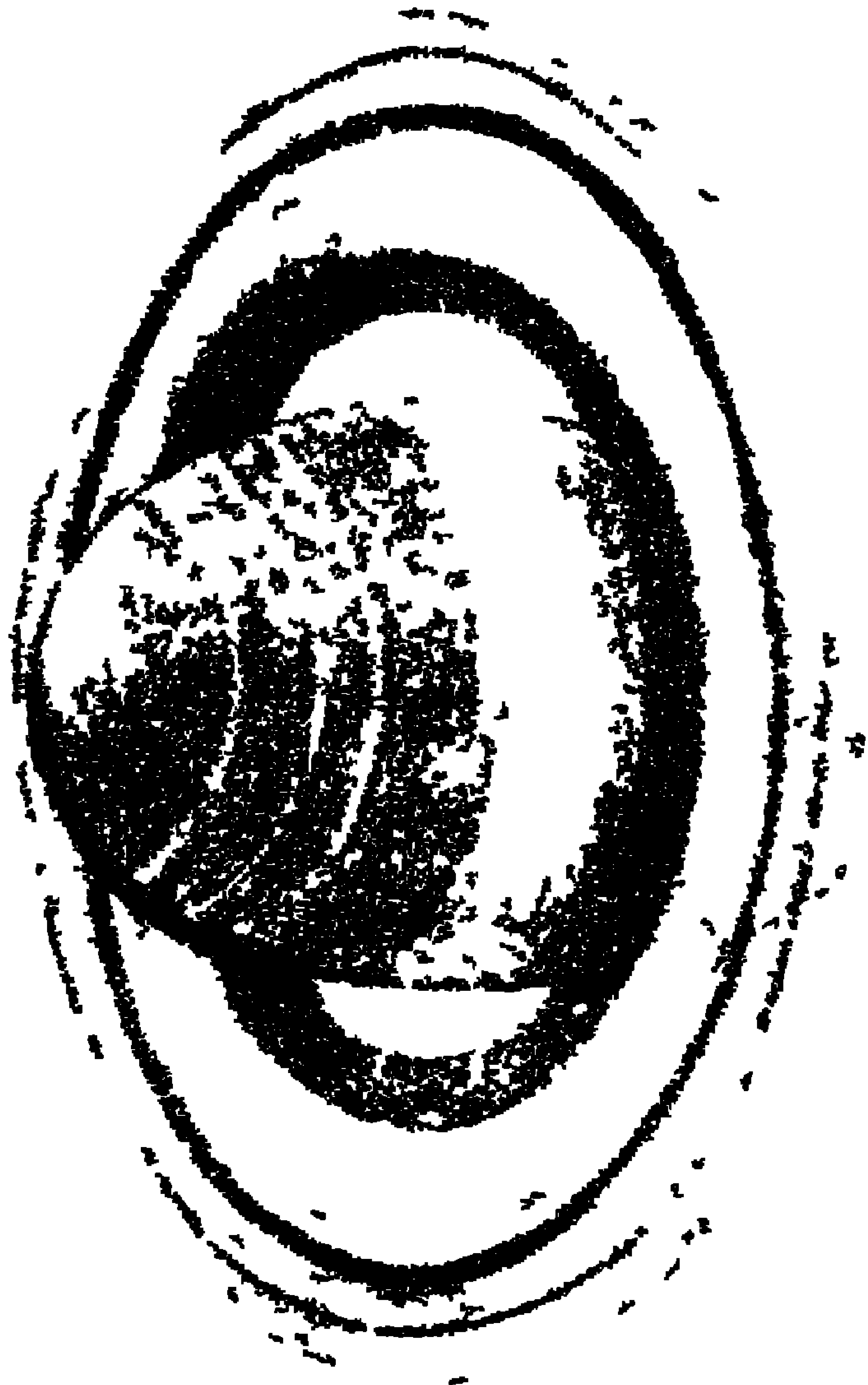
فيهِ زُحَل في اقسام مختلفة من فلكهِ وفلك الارض داخل فلك زُحَل

الصورة الثامنة

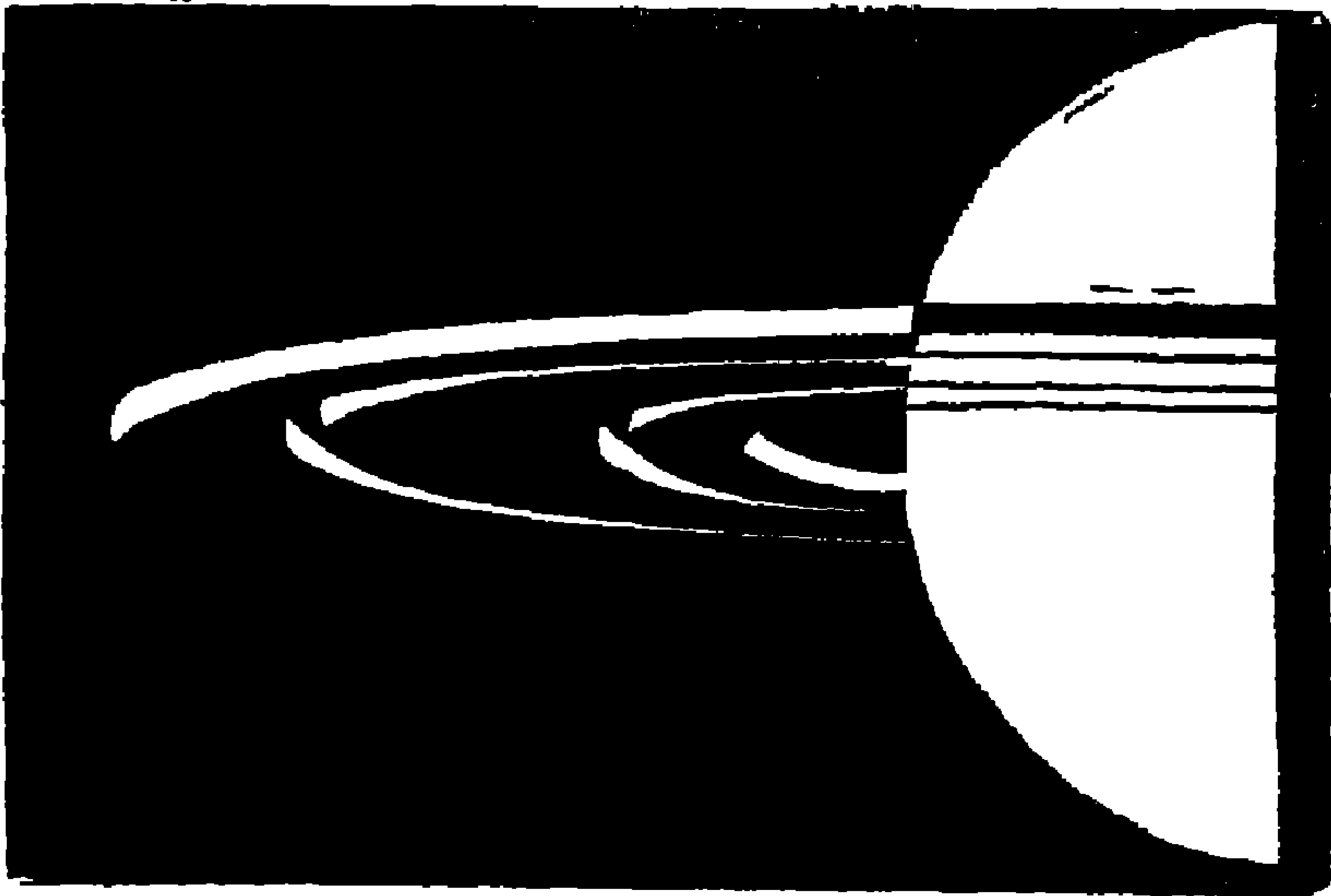




الصورة التاسعة



فلو كانت الارض عند م وزُحَل عند ب تُرَى الحلقات على خط عمودي فتكون دائرة تامة وعند س تُرَى هليلجية وعند د تختفي وهلمَّ جرًّا وتختفي لان عمقها نحو ٢٥٠ ميل على قول البعض و٥٠ ميلاً على قول آخر وذلك لا يُشعَر بهِ على بعد الارض من زُحل. اما نور حلقة زُحَل فنور مندفع من الشمس كما يتضح من اختفاء الحلقات اذا توجه نحو الارض الوجه منها الذي الى خلاف جهة الشمس فلا تُرَى الحلقة وقد يُرَى ظل السيار على الحلقات



شكل ١٣٤ رُؤْية زُحَل عند اختفاء الحلقات

(٣٠٢) عبور سطح الحلقات بقطر فلك الارض بسبب بطوء حركة زُحل يقتضي له سنة

ليكن د ي ف فلك الارض (شكل ١٣٥) وا ب س قطعة من فلك زُحَل ولنفرض سطح الفلكين يوافق سطح القرطاس وسطح الحلقات مائل على سطح القرطاس نحو ٢٨° وملتقى السطحين المشترك على خط ا د او ب غ او س ف . فحسبما تقدم بعد زُحَل عن الشمس ٩٫٥٤ امثال بعد الارض عن الشمس فلنا

ش ا : ش د :: ٩٫٥٤ : ١ :: ١/٢ق : جيب ش ا د فتُعرَف الزاوية ش ا د او ا ش ب وهي ٦° ١′ فتكون ا ش س ١٢° ٢′ او

افرض ش ا = ر

ش د = رَ

ا ش س = ا = الزاوية عند الشمس التي تفيدها ا س فلان ا ش ب = ش ا د لنا

جيب ١/٢ ا = رَ/ر = ١/٩٫٥٤ = ٠٫١٠٨٣ اي ا = ١٢° ٢′ كما تقدم

ومن حركة زُحل المعروفة نستعلم انهُ يمر على ١٢° ٢′ في ٣٥٩ ١/٢ يوم اي ٦ ايام اقل من سنة

فحينما يمر زُحل من ا الى س تكون الارض قد دارت دورة كاملة الاَّ قليلاً اما وجود السيار عند ا فقد يوافق اية نقطة كانت من فلك الارض فيتوقف اختفاء الحلقات على موقع الارض بالنسبة الى السيار

لاختفاء الحلقات ثلاثة اسباب

(١) توجيه حدها نحو الارض فلا تُرَى الاَّ بنظارةٍ قوية جدًّا لان عمقها حسب قول هرشل ٢٥٠ ميلاً وحسب قول بوند تقابل زاوية ٠١ ٠" اي عمقها ٤٠ ميلاً فقط كما تقدم

(٢) توجيه حدها نحو الشمس فلا يقع نور على سطحٍ من سطحيها

(٣) وقوع سطحها بين الارض والشمس فيقع النور على السطح غير المتجه نحو الارض

اما الاختفاء من قبل السببين الاوَّلين فمدة وجيزة فقط لان الخط الموصل بين العقدتين يمر على قطر الشمس باقل من يومين وبقطر الارض بنحو ٣٠ دقيقة اما الثالث فبهِ تختفي عنا شهورًا وسيقع ذلك في سنة ١٨٧٧



شكل ١٢٥

اذا كانت الارض عند ف والسيار عند ا تمر الارض على ل غ بينما يمر خط العقدتين من ا الى ب فيتلاقيان ويمر احدهما بالآخر والارض بين غ و د عند ك مثلاً فيقع سطح الحلقات بين الارض والشمس فتختفي الحلقات نحو شهرين وبعد مرور خط العقدتين على الشمس يقع النور على السطح المتجه نحو الارض فتظهر الحلقات ايضًا وقبل ما تكمل الارض نصف دورانها د ي ف يكون الخط المشار اليهِ قد مرَّ على قطر دائرة الارض تاركًا اياهُ عند ف

اذا كانت الارض قد تقدمت من ف الى ل مثلاً عند وصول خط العقدتين الى د تمر الارض به بين ك و د فيتجه السطح المظلم نحونا ويمر الخط بالشمس عند وصول الارض الى منتصف دي فتظهر الحلقات ولكن قبل وصول الخط الى س ف تلحقهُ الارض وتفوتهُ ايضًا فيتجه الجانب المظلم نحونا فتختفي الحلقات مرتين في سنة وقد يتصل الاختفاء الاوَّل من هذين بالثاني فتطول بذلك مدَّة الاختفاء نحو ٨ اشهر

الوجه الشمالي من الحلقات يتنوَّر بالشمس متى كان طول السيار الشمسي بين ١٧٣° ٣٢′ و ٣٤١° ٣٠′ والجنوبي متى كان طولهُ الشمسي بين ٣٥٣° ٣٢′ و ١٦١° ٣٠′ واعظم فتح الحلقات متى كان طولهُ الشمسي ٧٧° ٣١ او ٢٥٧° ٣١′ومتى اتجه جانب الحلقات المظلم الينا يُرى السيار مستديرًا على سطحهِ مناطق وعلى خطهِ الاستوائي خط دقيق اسود وذلك لا يحدث الاَّ اذا كان بين السيار واحدى العقدتين لحلقاتهِ اقل من ٦° ١′

(٣٠٣) اما رؤية الحلقات من السيار فمن نصفهِ يُرى سطح الحلقات الذي نحو الشمس فتظهر مثل قناطر نيرة في الجو عرضها وارتفاعها يختلفان باختلاف عرض المكان على السيار ويتنوَّر السطحان ويظلمان كل ١٥ سنة على التعاقب وقسم من الحلقات في خسوف اكثر الوقت لوقوع ظل السيار عليهِ والشمس مكسوفة مدة طويلة في النصف المتوجه اليهِ سطح الحلقات المظلم

(٣٠٤) لزُحل ثمانية اقمار ولاجل حفظ اسمائها نظم هرشل بيت شعر لاتيني تضمَّن فيهِ اسماءها من الابعد الى الاقرب وهو

Iapetus, Titan, Rhea, Dione, Tethys Enceladus, Minos.

غير انهُ قد فسد النظم بكشف لاسل وبوند قمرًا ثامنًا سنة ١٨٤٨ سمياهُ هيبريون وهو صغير جدًّا وموقعهُ بين يابيتوس وتيتان . الداخلي منها لا يُرَى بنظارة بلورة الشيء فيها اصغر من ٦½ قراريط قطرًا اما الاكبر تيتان فيُرَى مثل نجم من القدر الثامن او التاسع

افلاك سبعة من هذه الاقمار توافق سطح خط السيار الاستوائي تقريبًا وسطح الحلقات ايضًا اما الابعد يابيتوس ففلكهُ مائل على السطح المشار اليهِ نحو ١٢° ١٤′ فتُرَى السبعة من كامل نصف كرة السيار ابدًا ان لم تخسف بظلهِ



شكل ١٢٦ه زُحل واقمارهُ

نظارة بلورة الشيء فيها ٣ قراريط قطرًا تُري تيتان و٤ قراريط تُري يابيتوس ورهيا وديوني و٥ قراريط تُري تثس اما ميماس وهيبريون فلا يريهما غير اقوى النظارات الموجودة وهذا جدول مبادئها

λ = طول نقطة الراس لها بالنسبة الى سيارها

ثم π = طول النقطة من افلاكها الاقرب الى الشمس

اسماء	ترتيب كشفها	المكتشف	معدّل بعد			مدّة نجمية		قطر		قطر من ح	قطر ح من نجم	قدر النجم
			ظاهر	½ق ح	اميال			⊕=١	اميال			
(١) ميماس	٧	سر وليم هرشل ١٧٨٩ ايلول ١٧	٠ً ٧٨ً ٣٦"	٣ً ٣٦٠	١٢٠٨٠٠	٠ى ٢٢س ٣٧د	٩٤ً ٠ى	١٢ً ٠"	١٠٠٠	?	٠ً ١٧	١٧
(٢) انكيلادس	٦	" " آب ٢٨	٠ ٣٨ً ٣٤	٤ً ٣١٢	١٠٠٠٢٥	١ ٨ ٥٣	١ً ٣٧	?	?	?	١٢ً ٣	١٥
(٣) تَيس	٥	كاسيني ١٦٨٤ اذار	٠ ٥٧ً ٤٢	٥ً ٣٣٩	١٩١٩٤٨	١ ٢١ ١٨	١ً ٨٨	٠ً ٠٧	٥٠٠	?	١٠ً ٧	١٣
(٤) ديوني	٤	" " "	٠ ٥٤ً ٥٤	٦ً ٨٣٩	٢٤٥٨٧٦	٢ ١٧ ٤١	٢ً ٧٣	٠ً ٠٧	٥٠٠	?	٨ً ٤	١٣
(٥) رهيا	٣	" ١٦٧٢ كا ٢٣	١ ١٦ً ١٦	٩ً ٥٥٢	٣٤٣٤١٤	٤ ١٢ ٢٥	٤ً ٥١	٠ً ١٧	١٢٠٠	?	٦ً ٠	١٠
(٦) تيتان	١	هيوجنس ١٦٥٥ اذار ٢٥	٣ ٥٥ً ٥٦	٢٢ً ١٤٥	٧٩٦١٥٧	١٥ ٢٢ ٤١	١٥ً ٩٤	٠ً ٤٢	٣٣٠٠	٠ً ٢٥"	٢ً ٦	٨
(٧) هيبريون	٨	بوند ولاسل ١٨٤٨ ايلول ١٩	٣ ٣ً ٣٣	٢٨	١٠٠٦٦٥٦	٢١ ٧ ٧	٢١ً ٣٩	?	?	?	٢ً ٠	١٧
(٨) يابيتوس	٥٢	كاسيني ١٦٧١ ت١ ٢٥	٨ ٥٢ً ٣٤	٦٤ً ٣٥٩	٢٣١٣٨٢٥	٧٩ ٧ ٥٣	٧٩ً ٣٣	٠ً ٢٦	١٨٠٠	?	٠ً ٩	٩

°	ك ١٨٧٧ λ	π	Ω	دائرة البروج i	e	½ محور اطول a	حركة يومية μ
ميماس	٣١٠° ±′	?	?	?	?	?″	٣٨١ ٩٤٧
انكيلادس	٣٠١ ٥٥	?	?	?	?	?	٣٦٢ ٧٣٣
تثس	٢٨١ ٤٣	١٠٩° ٧′	١٦٧° ٣٧′	٢٨° ١٠′	٠.٠١٠٨٦	٤٣ ٦٠	١٩٠ ٦٩٧
ديوني	١١٥ ٣٠	١٤٥ ٤	١٦٧ ٣٧	٢٨ ١٠	٠.٠٠٢١٠	٥٤ ٨٥	١٣١ ٥٣٤
رهيا	٢٨٨ ٤٣	١٨٥ ٠	١٦٧ ١٩	٢٨ ٨	٠.٠٠٠٨٠	٧٦ ١٣	٧٩ ٦٩٠
تيتان	٢٩٩ ٤٣	٢٥٧ ٦	١٦٧ ٥٨	٢٧ ٣٦	٠.٠٢٧٩٣٧	١٧٦ ٩٠	٢٢ ٥٧٧
هيبريون	?	?	?	?	?	?	?
ياپيتوس	٧٨ ٩	٣٤٩ ٣٠	١٤٣ ١	١٨ ٣٧	٠.٠٢٨٤٤٣	٥١٤ ٩٦	٤ ٥٣٨

مدة ميماس نصف مدة تثس ومدة انكيلادس نصف مدة ديوني و٣٧٤ دورة لمياس = ١٧٠ لانكيلادس = ٨٥ لديوني الاختلاف $\frac{1}{10}$ يوم اي $\frac{2}{5}$ ٢ ساعة

لما اخنفت الحلقة سنة ١٨٦٣ انتهز الرصاد الفرصة لمشاهدة رؤية نادرة المشاهدة اي عبور ظل تيتان على وجه السيار. لم يروا القمر نفسهُ بل شاهدوا ظلهُ على وجه سيارهِ وقد شاهد ذلك ايضاً سر وليم هرشل في ٢ تشـ٢ سنة ١٧٨٩

الرؤى السماوية على زُحَل لابد من ان تكون مبهجة جدًّا اذ تُرَى الحلقات مثل قناطر ممتدَّة من افق الى افق واقرب الاقمار ميماس يمر على ١٦ ′ في دقيقة فيُرَى من زُحَل يمر في دقيقتين على

قوس نعدل قطر قمرنا الظاهر

بعد ما كشف كاسيني يابيتوس اختفى عنهُ ايضاً ثم وجدهُ ثانيةً بنظارة اكبر فتحقق ان نورهُ يختلف قوةً وقد اكَّد ذلك سر وليم هرشل فوجد ان نورهُ يقل بينما يمر على النصف الشرقي من فلكهِ واضعفهُ عند ٧° بعد الاستقبال والنتيجة ان هذا السيار يدور على محورهِ وان بعض الاقسام من سطحهِ اصلح من بعض لتعكيس النور حتى ان بعضهُ يكاد لا يعكس من النور شيئًا

(٢٠٥) مادة زُحَل بالنسبة الى الشمس في حسب نيوتون $\frac{1}{3021}$ وحسب لاپلاس $\frac{1}{3359}$ وحسب بوفارد $\frac{1}{3512}$ وحسب بسّل $\frac{1}{3500.25}$ ومادة كل نظام زُحل لا تختلف كثيرًا عن $\frac{1}{3475}$

قطر الشمس الظاهر عند زحل = ٣′ ومعظم تباين السيارات عنهُ هو على ما يأتي. عطارد ٢° ١٩′ الزهرة ٤° ٢١′ الارض ٦° ١′ المرّيخ ٩° ١١′ المشتري ٣٣° ٣′ فالناظر من زحل لا يُرَى من السيارات غير المرّيخ والمشتري ولا يرى المرّيخ بسهولة

بسبب بطوء حركة زحَل جعلهُ الكيماويون عبارة عن الرصاص

لاستعلام موقع زُحَل يُعتمَد حتى الآن على زيج بوفارد المطبوع في سنة ١٨٢١ اما اقمارهُ فلم يُصنَع لها زيج بعد

اورانوس او هرشل ♅

(٢٠٦) اورانوس يدور حول الشمس في ٧ ٣٠٦٨٦ يومًا اي ٨٤ سنة ونيف ومعدَّل بعدهِ ١٧٥٣٨٥١٠٥٣ ميلاً ومباينة فلكهِ ٠٤٦٦٧ ٠ اي اقل قليلاً من مباينة فلك المشتري فيبلغ معظم بعدهُ عن الشمس ١٨٣٥٧٠٠٨٢٥ ميلاً واقربهُ اليها ١٦٧٣٠٠١٢٧٩ ميلاً وقطرهُ الظاهر على معدلهِ = ٩ ٣″ وقطرهُ الحقيقي نحو ٣٣٢٥٠ ميلاً وقد حسب لهُ ميدلر تسطيحًا قطبيًا $\frac{1}{10}$ وانكر ذلك غيرهُ وربما يكون مسطحًا عند قطبيهِ بدون ان يكون ذلك ظاهرًا كل حين لان الشبيه بكرة اذا نُظِر اليهِ على خطٍّ يوازي محورهُ يُرَى مستديرًا بالتمام وميل خطهِ الاستوائي على فلكهِ نحو ٧٦° وثقلهُ النوعي ٠٨ وميل فلكهِ على دائرة البروج اقل من درجة واحدة

اكتشافهُ . في ١٣ اذار سنة ١٧٨١ كان سر وليم هرشل يرصد بعض النجوم الصغار بقرب التوأمين فوقع نظرهُ على نجم مختلف عما في جوارهِ فقوّى قوّات نظارتهِ فوجد قطرهُ الظاهر يزيد بهذه الواسطة خلاف النجوم الثوابت ثم عين موقعهُ ورصدهُ مدَّة فوجد لهُ حركة $2\frac{1}{2}$″ كل ساعة وعلم بذلك الجمعية الفلكية الملكية فصار كل علماء الفن يرصدونهُ واخذوا يحسبون لهُ فلكًا شلجميًا وان طابقت حسابانهم على الواقع بعض الايام خلت عن قريب حتى انتهى الكَسْلُ الى الصحيح وهوان

السيار الجديد دائر في فلك هليلجي يختلف عن دائرة قليلاً جداً

ثم وقعت المداولة من جهة تسميتهِ فقال سر وليم هرشل يُسمّى نجم جاورجيوس اكراماً للملك جاورجيوس الثالث ملك انكلترا وقال لابلاس بل يُسمّى هرشل اكراماً لمكتشفهِ وقال بعضهم كذا وآخرون كذا الى ان قال بود بل يُسمّى اورانوس فغلب عليهِ هذا الاسم

لو رصد هرشل ذلك القسم من التوأمين قبل باحد عشر يوماً اي في ٢ اذار عوضاً عن ١٣ اذار لربما فاتتهُ حركة هذا السيار لانهُ كان يومئذٍ في نقطة الوقوف في فلكهِ باعتبار الارض وكان قد تعين قبل ذلك نجماً ثابتاً في عدّة قوائم للثوابت



شكل ١٢٧ ميل افلاك اقمار اورانوس على دائرة البروج

قد حسب بعضهم ان النور الذي يستمدهُ اورانوس من الشمس يعدل نور ٣٠٠ بدر مثل بدرنا . ومنهُ يشاهد زُحَل وربما المشتري ولا تُرَى سائر السيارات

متى كان في الاستقبال يُرَى بالنظر المجرد اذا عرف الناظر موقعهُ

على قول سر وليم هرشل محور اورانوس في سطح فلكهِ فبدورانهِ حول الشمس ترسم الشمس دائرة حولهُ على خط لولبي فتكون في سمت الراس للقطبين على التعاقب

قد شوهدت عليهِ بقع وكلف منها استنتج دوران على المحور من الشمال الى الجنوب

قال البعض بثمانية اقمار لاورانوس وقد تأكد منها اربعة ولا تُرَى الّا باقوى النظارات وميل افلاكها على دائرة البروج ١٠١°

ثم ١٨٠° — ١٠١° = ٧٩° فتكون حركتها بين عقدتها الصاعدة وعقدتها النازلة (اي النصف الشمالي من افلاكها) من الشرق الى الغرب باعتبار البروج

	ترتيب اكتشافها	المكتشف	معدل بعد ½ق ♅	اميال	مدة نجمية		معظم التباين
(١) اريئيل	٣	لاسلّ ١٨٤٧ ايلول ١٤	٧٫٤٤	١٢٢٨٤٩	٢ي ١٢س ٢٨د	٥٢ث ٣ ٣	١٢″
(٢) أمبريئيل	٤	أُتوستروف ١٨٤٧ تا ٨	١٠٫٣٧	١٧١٢٢٩	٤ ٣ ٢٧	١٤ ٤	١٥
(٣) تيتانيا	١	سرولِيم هرشل ١٧٨٧ كا ١١	١٧٫٠١	٢٨٠٨٦٩	٨ ١٦ ٥٥	٧١ ٨	٣٣
(٤) اوبرون	٢	" " " "	٢٢٫٧٥	٣٧٥٦٤٨	١٣ ١١ ٦	٤٦ ١٣	٤٤

ميل افلاكها ٧٩° ± مباينة جزئية حركة متقهقرة

من رصود لاسلّ في مالطة سنة ١٨٥٢ حُسِبَت مبادي تيتانيا واوبرون كما هو ادناهُ

(٣) تيتانيا ½ق فلكهِ على معدل بعد السيار ٨٨ ٣٣″ = ٢٨٨٠٨٠ ميلاً

طول العقدة الصاعدة ١٦٥° ٣٥′

ميل فلكهِ ١٠٠° ٣٤′

(٤) اوبرون ½ق فلكهِ على معدل بعد السيار ٣٠ ٤٥″ = ٣٨٤٣٣٠ ميلاً

طول العقدة الصاعدة ١٦٥° ٣٨′

ميل فلكهِ ١٠٠° ٣٤′

من حركات هذه الاقمار قد استُعلِم مادة اورانوس وهي حسب انكي ١/٢٤٩٠٥ وحسب ميدلر ١/٢٤٥١٦ وحسب لامونت ١/٢٤٦٠٥ وحسب ادمس ١/٢١٠٠٠ وحسب بوفارد ١/١٧٩١٨ وهذه القيمة الاخيرة قد تحققت زيادتها عن الصحيحة

لاستعلام مواقع اورانوس يستخدم زيج بوفارد المطبوع سنة ١٨٢١ غير انهُ ليس بصحيح والى الآن لم يُصنَع غيرهُ

نبتون ♆

(٢٠٧) معدَّل بعدهِ عن الشمس ٢٧٤٦٢٧١٣٤٢ ميلاً ومباينة فلكهِ ٠٫٠٠٨٧ فيكون معظم بعدهِ ٢٧٧٠٢١٧٣٤٤ واقلهُ ٢٧٢٢٣٢٥١٣٩ ميلاً ومدتهُ ١٦٤٫٦ سنة = ٦٠١٢٦ يوماً وقطرهُ الظاهر يختلف بين ٢″٫٦ و ٣″٫٨ فيكون قطرهُ الحقيقي ٣٦٦٣٠ ميلاً ولا يُعرَف لهُ تسطيح قطبي وحركتهُ كل ساعة ١٢٣٠٠ ميل ومدَّة دورانهِ على محورهِ مجهولة الى الآن وكثافتهُ نحو ⅙ كثافة الارض

منذ نحو ٤٦ سنة اخذ العلامة أَلكسس بوفارد في اصطناع زيج لحركات اورانوس وفي حساباتهِ المبنية على رصود السيار قبل اكتشاف كونهِ سيارًا مع التي جرت بعد اكتشافهِ لم يستطع ان يجعل حسابهُ يطابق على نوعي الرصد فترك الاوَّل وتمسك بالثاني فصنع زيجًا لم يزل مستخدمًا الى الآن غير انهُ ليس بصحيح وذلك ليس من خلل في الزيج بل في اختلاف حركات اورانوس لم يكن معروفًا قبل وزعم بوفارد نفسهُ ان ذلك من قِبَل سيار آخر فلكهُ خارج فلك اورانوس وهكذا زعم كثيرون من علماء الهيئة في ذلك الوقت وفي كانون الثاني سنة ١٨٤٣ شرع الاستاذ ادمس يحسب مواقع سيار خارجي مزعوم وجودهُ بناءً على اضطرابات اورانوس وبعد ما اشتغل بذلك نحو سنتين ارسل نتائج حساباتهِ الى سر جاورج ايري مدبر مرصد كربنويج ولكنهُ لم يشهر شيئًا من ذلك في وقتهِ

وفي صيف سنة ١٨٤٥ اخذ لافريير يراجع حركات اورانوس وفي آخر تلك السنة اشهر مؤلفًا بهِ برهن عدم امكانية صدور اضطراب اورانوس من زُحَل ولا المشتري وفي حزيران سنة ١٨٤٦ اشهر مؤلفًا ثانيًا برهن بهِ ان ذلك من قِبَل سيار خارج فلك اورانوس وحسب لهُ فلكًا كما كان ادمس قد فعل قبل ووصلت منهُ نسخة الى سر جاورج ايري في ٢٣ الشهر فلما راى موافقة حسابات لافريير حسابات ادمس التي بيدهِ ارسل الى الاستاذ شالس من كمبردج في ٩ تموز يطلب اليهِ ان يفتش على السيار بنظارتهِ فشرع بذلك في ١١ تموز وفي ٢٩ ايلول وجد السيار وكان الدكتور غال من برلين ايضًا يفتش على السيار فوجد نجمًا زعمهُ اياهُ في ٢٣ ايلول وفي ٢٤ منهُ تأكد انهُ هو

موقعهُ الذي وجدهُ فيهِ غال طول شمسي ٣٢٦° ٥٢′
" بحساب ادمس ٣٢٩° ١٩′
" بحساب لافريير ٣٢٦ ٠



شكل ١٢٨

من شكل ١٢٨ يتضح فعل هذا السيار في اورانوس فيهِ رُسِم فلك اورانوس ونبتون من سنة ١٧٨١ الى ١٨٤٠ فمن ١٧٨١ الى ١٨٢٢ يرى من توجيه السهام ان جاذبية نبتون اسرع حركة اورانوس فظهر مقدمًا عن الموضع المحسوب لهُ وفي سنة ١٨٢٢ كان في الاقتران وفعل نبتون انما هو جذب اورانوس الى ابعد عن الشمس بدون ان يؤَثر في طولهِ ومن سنة ١٨٢٢ الى ١٨٣٠ اخَّر نبتون اورانوس في حركتهِ حتى لاشى زيادة الطول المكتسب منذ ١٧٨١ وبعد سنة ١٨٣٠

تغيرت علامة الخطاء من + الى −

لم يُرَ عليهِ مناطق ولا كُلف فلا يُعرَف مدّة دورانهِ على محورهِ

لنبتون قمر واحد كشفهُ لاسلّ وبوند في سنة ١٨٤٦ وزعما بشأنٍ غير ان ذلك لم يؤكّد بعد

بعد القمر عن السيار على افتراض ½ق ♆ = ١ هو ٠٠ ١٢ اي ٢٢٠٠٠٠ ميل ومدتهُ النجمية

٥ي ٢١س ٨د = ٨٧ ٥ي ومعظم تباينهِ ١٨″ وهو على قدر نجم من القدر الرابع عشر وحركتهُ متقهقرة

اما مادة نبتون فقد اختلفوا فيها وهي حسب اوتوستروف $\frac{1}{14494}$ وحسب بيرس $\frac{1}{18780}$ وحسب

بوند $\frac{1}{19400}$ وحسب سافورد $\frac{1}{20039}$

لا يُرَى عن نبتون من السيارة غير زُحَل واورانوس

الزيج لنبتون المعتمد عليهِ هو زيج العلاّمة سيمون نيوكومب من المرصد الاميّ في واشنطون

الفصل الحادي عشر

في مبادئ افلاك السيّارات

(٢٠٨) ان الناظر الى السيارات من سطح الارض يراها من خارج مركز حركاتها وخارج سطوح افلاكها وكل رصد على سطح الارض يقتضي احالتهُ الى مركز الشمس ثم من المعينات والفصلات تُحسَب مبادي قطع مخروط يمر مخنيهِ في المواقع المعينة وتكون الشمس في المحترق ويقتضي لذلك معرفة الصعود المستقيم والميل في ثلاثة مواضع ثم لكي يُحسَب موقع سيار في وقتٍ مفروض يقتضي معرفة سبعة اشياء تُسمَّى مبادئ فلكهِ وهي

(١) مدّة دورانهِ حول الجرم المركزي

(٢) معدّل بعدهِ عن الشمس اي نصف قطر هليلجيتهِ الاعظم او البعد الاوسط

(٣) طول العقدة الصاعدة = ☊

(٤) ميل سطح فلكهِ على دائرة البروج = i

(٥) مباينة فلكهِ اي نسبة بعد المحترق عن المركز الى بعدهِ عن المحيط = e

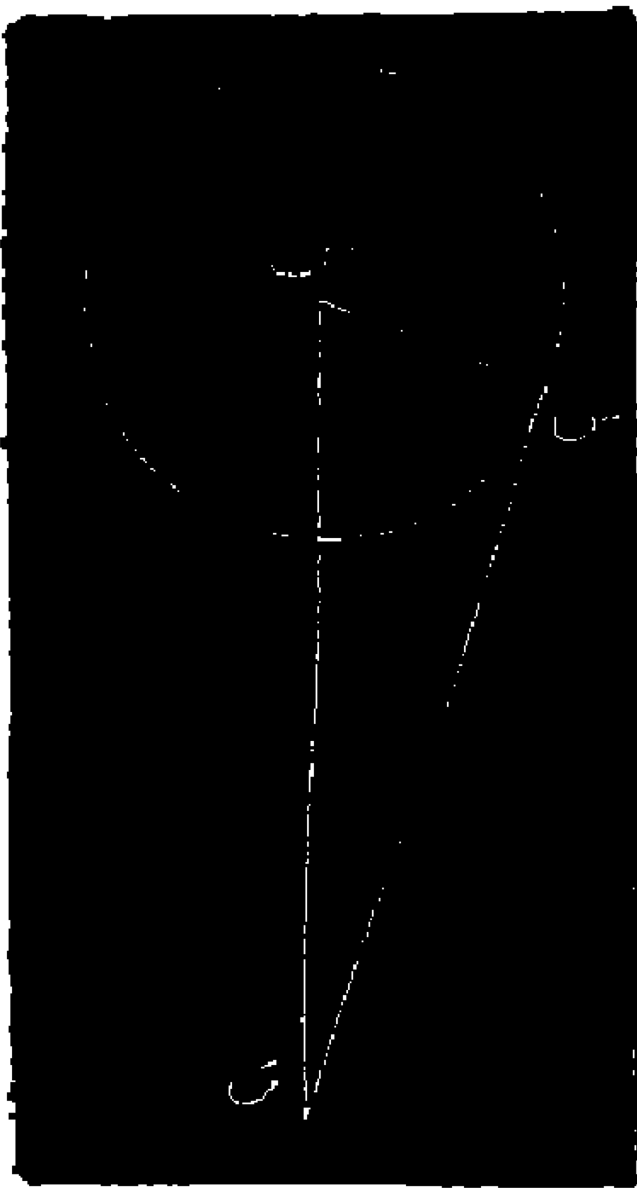
(٦) طول نقطة البعد الاقرب اي نقطة الراس = π

(٧) موقع السيار في وقتٍ ما معيّن

فالثالث والرابع مختصان بوضع سطح فلكهِ والثاني يعين مساحة فلكهِ والخامس هيئتهُ

(٣٠٩) موقع الشمس تُعرَف من موقع الارض وبالعكس لانهُ بين طولها وعرضها ١٨٠° ابدًا وموقع القمر الظاهر موقعهُ الحقيقي لاننا في مركز حركتهِ والطول والعرض لها يُعرَف من صعودها وميلها بحساب المثلثات الكروية كما تقدم (ع٨٦) فصاعدًا والامر ليس كذلك في السيارة فيقتضي ان نحوّل رؤياتها من الارض الى ما كانت لو نُظِر اليها من الشمس اي في عرف علم الهيئة مفروض موقع سيار الارضي مطلوب موقعهُ الشمسي

(٣١٠) المبدأ الاوّل مدة الدوران. تُستعلَم من رصد المدَّة بين وصول سيار الى عقدة الى ان يعود الى تلك العقدة ثانيةً. فمتى كان السيار عند العقدة اي عند نقطة تقاطع فلكهِ ودائرة البروج يُرصَد الصعود المستقيم والميل ويُحسَب لاوقات متعدّدة ومنها يُحسَب الطول والعرض فمتى كان العرض صفرًا لنا وقت مرور السيار بالعقدة وان كانت بين عرضين محسوبين يكون واحد منها شماليًا والآخر جنوبيًا فيستعلم وقت الوصول الى العقدة بالنسبة وتتكرَّر هذه الرصود عند رجوع السيار الى العقدة فتُستعلَم مدتهُ ويُصلَح اصلاحًا جزئيًا بسبب تقهقر العقدة وتستعلم المدَّة ايضًا برصد المدَّة بين اقتران واقتران واستقبال واستقبال كما تقدم في القمر. مثالهُ عبور عطارد عند الاقتران الاسفل اذا عُرِف وقت حدوثهِ مرتين. فاقسم المدَّة بينهما على عدد دوراتهِ في تلك المدَّة فيخرج معدَّل مدتهِ القانونية



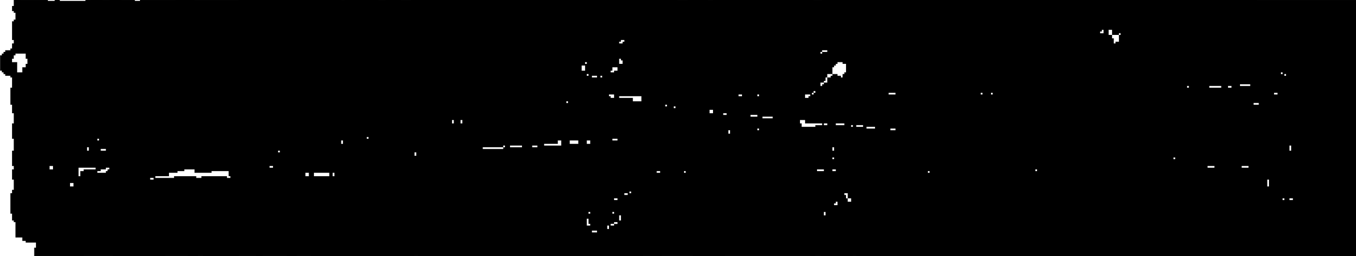
شكل ١٣٩

(٣١١) الامر الثاني بعدهُ عن الشمس

ان كان السيار اسفل يُستعلَم بعدهُ عن الشمس هكذا

ليكن ش (شكل ١٣٩) الشمس وي الارض وس السيار. فس التباين الاعظم ش ي س ثم قل $\frac{1}{2}$ق : جيب ش ي س :: ش ي : ش س وان كان المنحني هليلجيًا نستعلم ش س مرارًا عديدة فتختلف قيمتهُ ومتى كثرت هذه القيمات يُعرَف معدَّل البعد. اما السيارات العليا فيُستعلَم بعدها عن الشمس برصد تقهقرها عند الاستقبال لانهُ كلما زاد بعد السيار قل تقهقرهُ الظاهر من قبل حركة الارض

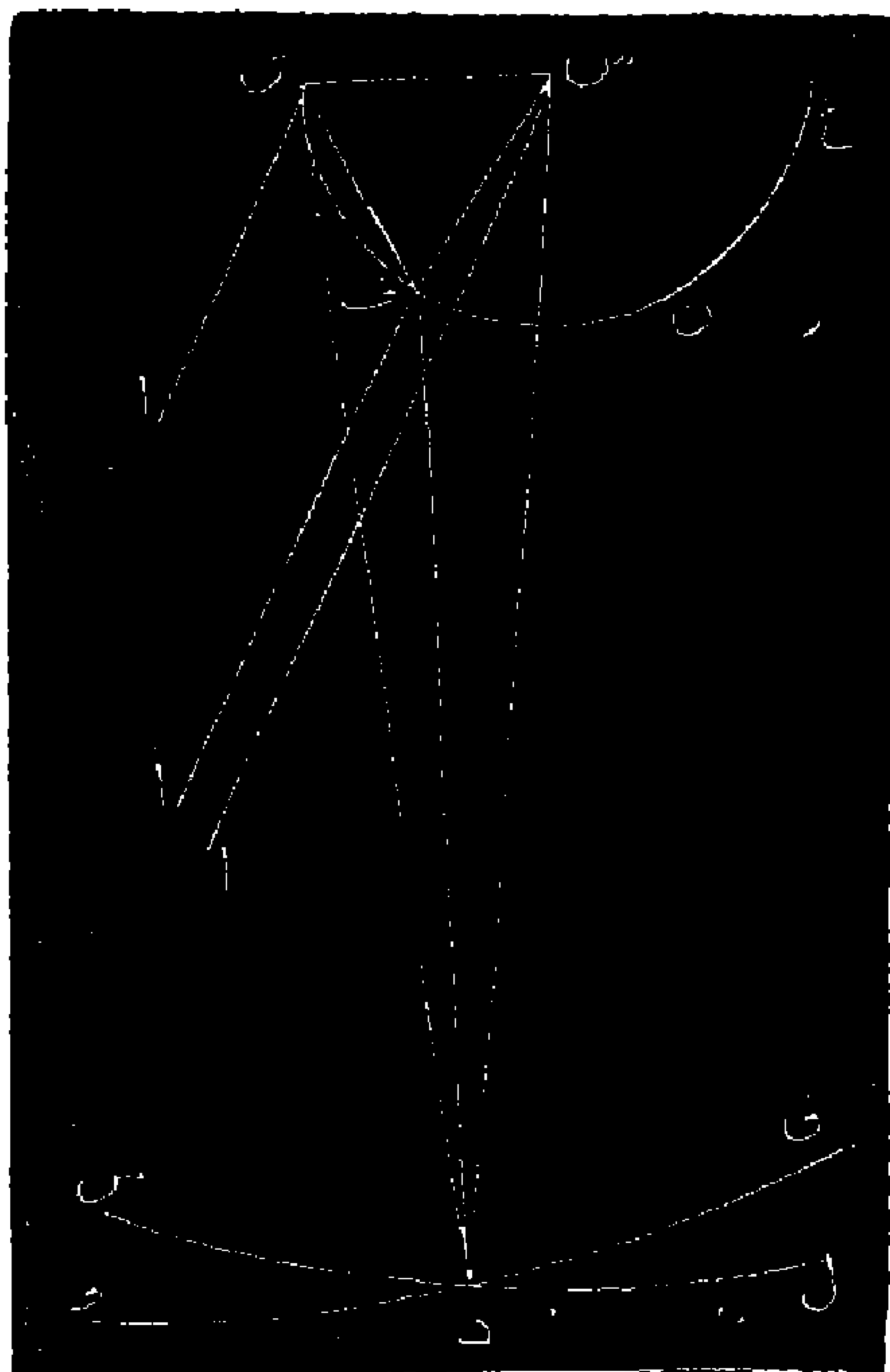
ليكن ش الشمس (شكل ١٤٠) ي الارض وم سيار من السيارات العليا ولتمرَّ ي على ي يَ في مدَّة قريبة مثل يوم واحد ويمر م على م مَ في تلك المدَّة نفسها واذ قد عُرِفت مدَّة دوران



شكل ١٤٠

ي وم كما تقدم نعرف الزاوية ي ش يَ والزاوية م ش مَ فتُعرَف فضلتهما مَ ش يَ . ارسم

الخط يَ مَ واخرجهُ حتى يلاقي ش م في ك وارسم يَ ر يوازي ش ك فالزاوية ك يَ ر هي قياس التقهقر في يوم واحد اي في مدَّة مرور الارض على ي يَ والسيار على م مَ وتُعرَف بالرصد والزاوية ش ك يَ = ك يَ ر فتعرَّف الزاوية الثالثة ك يَ ش فتعرَّف في المثلث مَ ش يَ كل الزوايا والضلع ش يَ فيستعلم من ذلك ش مَ وهذا العمل يكرَّر عند كل استقبال فيُعرَّف معدَّل البعد عن الشمس



شكل ١٢١

(٢١٢) الامر الثالث طول العقدة الصاعدة

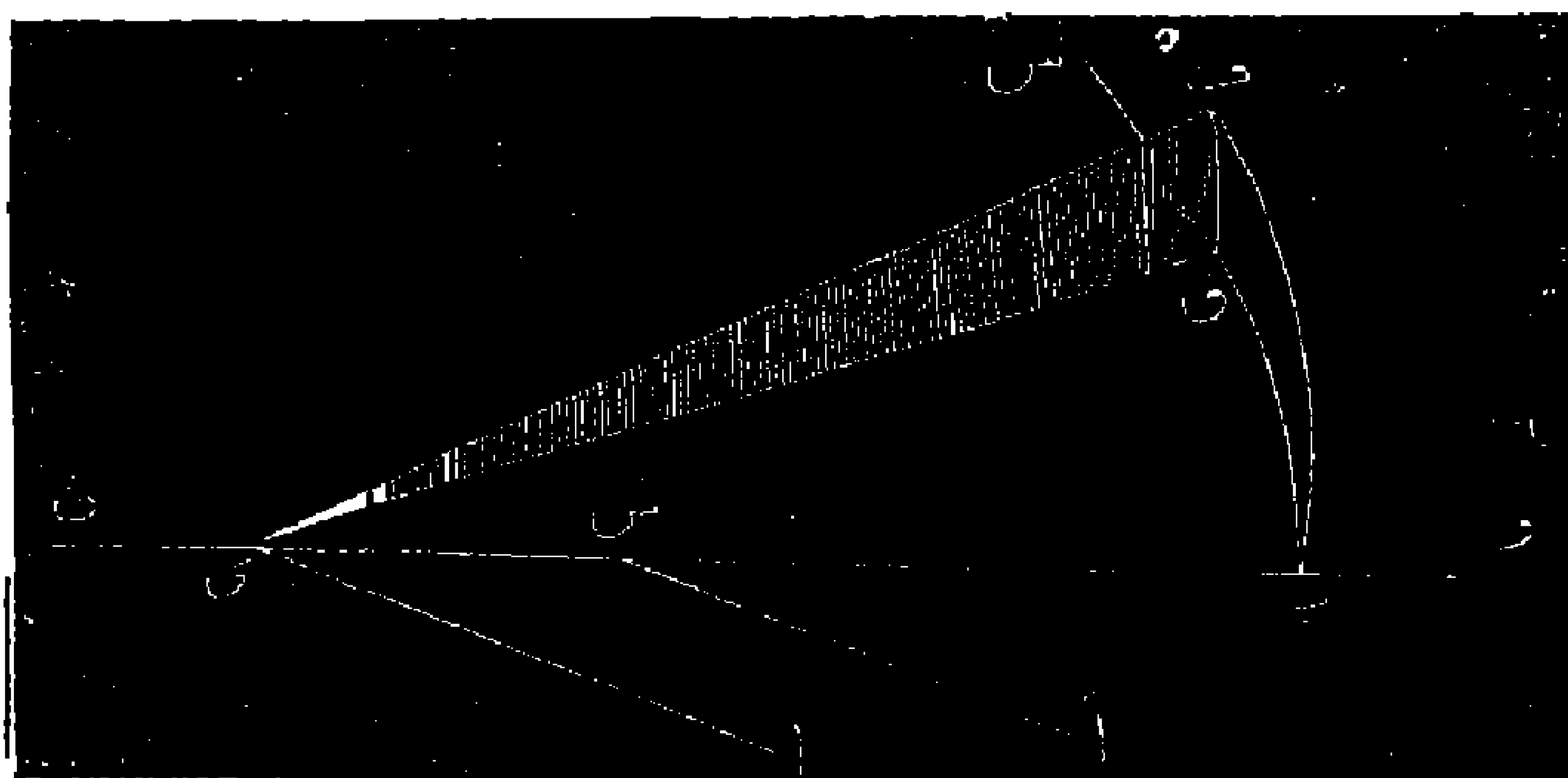
لتكن ش الشمس (شكل ١٢١) و ي ن غ فلك الارض و د ق قسمًا من فلك سيار و س د ل قسمًا من قوس في سطح دائرة البروج يقطع فلك السيار في د فيكون ش د خط العقدتين وليكن ي اَ فـ اَ ش اَ خطوطًا متوازية نحو الاعتدال الربيعي ولنفرض الارض عند ي والسيار عند العقدة د فتكون النقط ي و د و ش في سطح دائرة البروج و ا ي د = طول د و ا ي ش = طول الشمس . وبعد استعلام هذين الامرين نعرف فضلتهما ش ي د ثم ليَدُر السيار دورة كاملة حتى يعود الى د ايضًا ولتكن الارض حينئذٍ عند ف فيستعلم كما تقدم الطول اَ ف د وطول الشمس ا ف ش وفضلتهما ش ف د واذ قد عرفت المدَّة بين ي و ف يعرف ش ي ش ف والزاوية ي ش ف فيُعرَف ي ف والزاوية ش ي ف و ش ف ي فنعرف د ي ف و د ف ي والضلع ي ف معروف فيستعلم ف د وفي المثلث ش ف د لما نعرف ف د و ش ف د نستعلم ف ش د . اطرح منها اَ ش ف (= كال اَ ف ش) فتبقى اَ ش د = طول العقدة الشمسي وبتكرار هذا العمل استعلم تقهقر العقدة وهو بعض الدقائق في كل مئة عام

(٢١٣) الامر الرابع ميل فلك السيار على دائرة البروج

استعلم من الازيجات وقت اتفاق طول الشمس وطول العقدة الشمسي واستعلم لتلك اللحظة طول السيار الارضي وعرضه الارضي ثم (شكل ١٢٢)

ليكن ي الارض و ش الشمس و ف موقع السيار و ن و خط العقدة على استقامة ي ش و ي ا ش اَ جهة الاعتدال الربيعي . ارسم ي ف واجعله نصف قطر وارسم سطح كرة يقطع

دائرة البروج على قوس ب س ومن ف ارسم القوس ف ق عموديًا على ب س تجاه ي و طول الشمس = آ ش و طول العقدة الشمسي . وا ي ق طول السيار الارضي وفي المثلث الكروي ب ف ق ذي القائمة عند ق ف ق قياس العرض المستعلم و ب ق قياس فضلة ا ي ق وا ي ش و ف ب ق الزاوية بينهما اي ميل احدهما على الآخر وهو المطلوب .



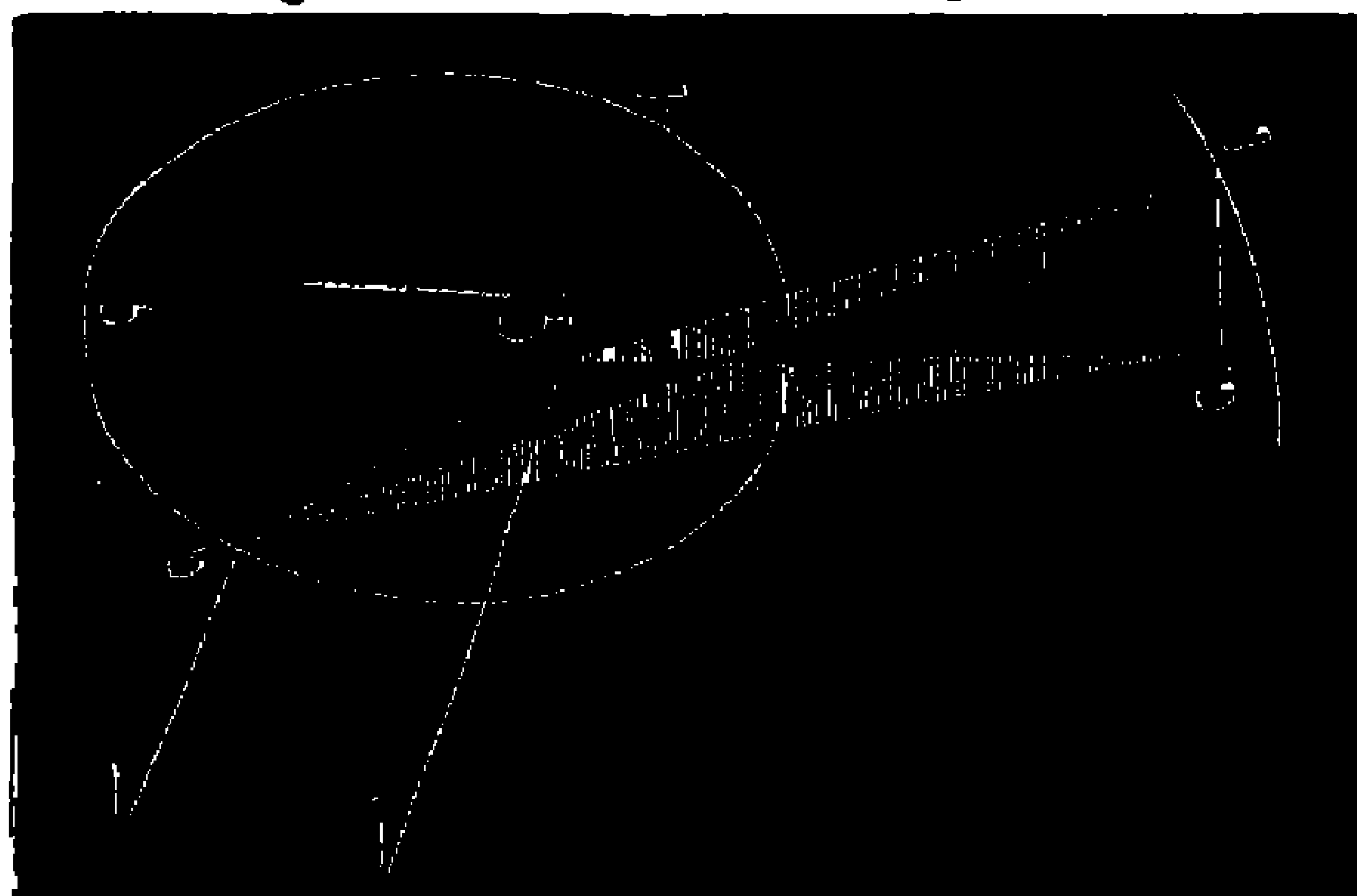
شكل ١٣٢

$\frac{1}{2}$ ق × جيب ب ق = ماس ف ق في نظير ماس ف ب ق

$$\text{ونظير ماس ف ب ق} = \frac{\text{جيب ب ف}}{\text{ماس ف ق}} \qquad (٥٨)$$

(٢١٤) لاجل استعلام طول سيار الشمسي وعرضه الشمسي

لتكن ش (شكل ١٣٣) الشمس ي الارض ي ب س فلكها ف السيار ي ا ش آ جهة الاعتدال الربيعي . ارسم ف ق عموديًا على سطح فلك البروج ا ي ق = طول السيار الارضي وآ ش ق طوله الشمسي و ف ي ق = العرض الارضي و ف ش ق العرض الشمسي و ش ي ف اي تباين السيار عن الشمس في قوس يعرَف من الرصد . ش ي القطر الحامل للارض و ش ف القطر الحامل للسيار معروفان ايضًا فيستعلم ف ي والمثلث ف ي ق ذو قائمة عند ق فيستعلم ي ق . وفي المثلث ق ي ش معروف ي ق و ي ش



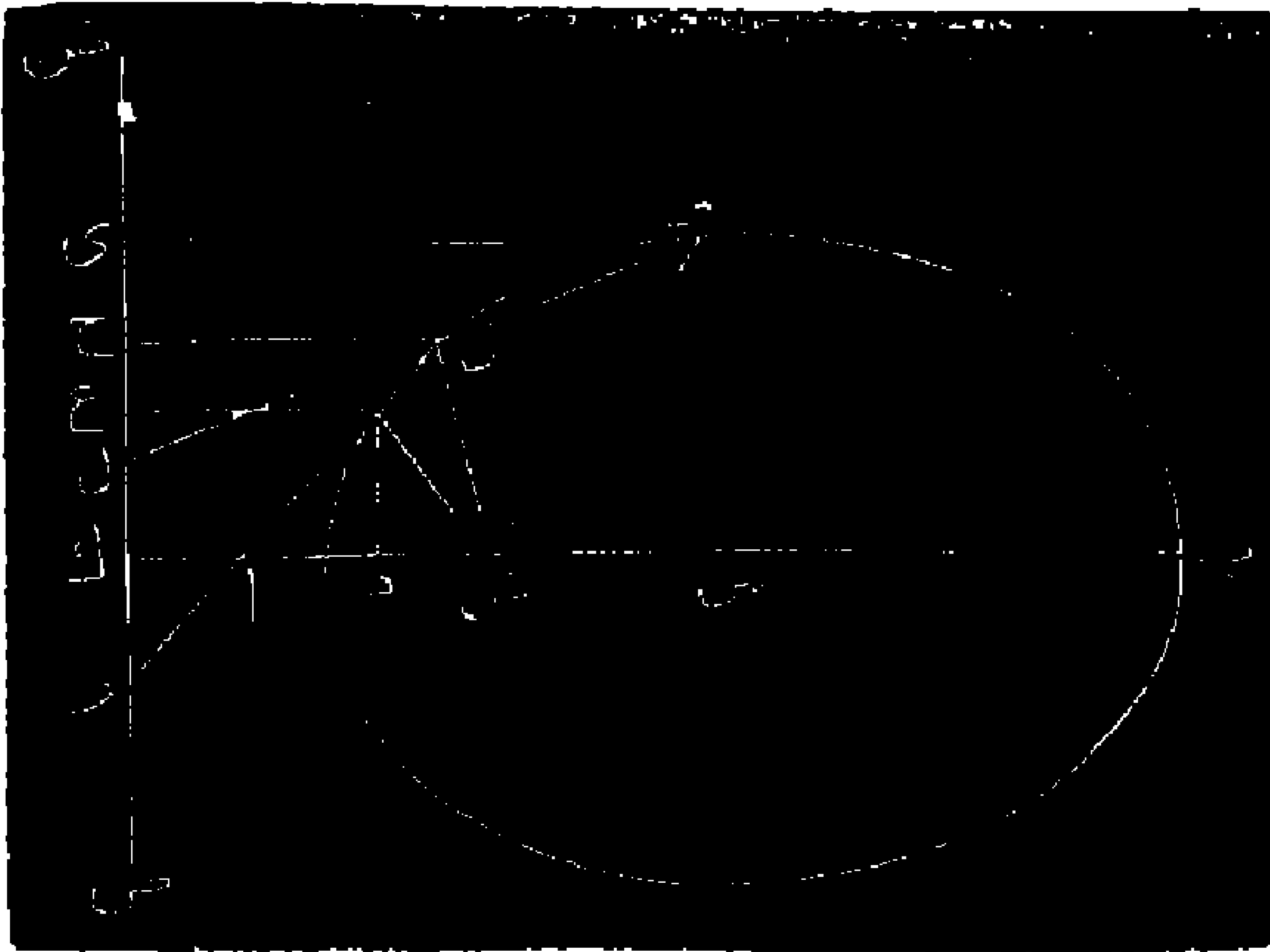
شكل ١٣٣

والزاوية ق ي ش (= ا ي ش − ا ي ق) فيستعلم ق ش ي و ق ش . اطرح ي ش آ (اي كمال ا ي ش) من ق ش ي فتعرَف آ ش ق وهي طول ف الشمسي . ثم في المثلث

ف ش ق القائم الزاوية لنا ش ق وش ف فتستعلم ف ش ق اي العرض الشمسي

(٢١٥) الامر الخامس والسادس اي مباينة فلكهِ وطول نقطة الراس اي نقطة البعد الاقرب الى الشمس (شكل ١٢٤)

يتعين في فلكهِ ثلاث نقط م ون وف حسب ما تقدم فيكون سَ م سَ ن سَ ف اقطار حاملة ارسم ن م ن ف فيُعرَف المثلثان م ن سَ ن ف سَ اخرج ن م حتى تكون نسبة ن ر : م ر :: ن سَ : م سَ فتتعين نقطة ر واجعل ن ل : ف ل :: ن سَ : ف سَ فتتعين نقطة ل وارسم الخط ص ض مارًّا على ر و ل فهو الخط المرشد لقطع



شكل ١٢٤

المخروط المار في م ون وف. ارسم عليهِ اعمدة من سَ وم ون وف فمحور المنحني هو في ك سَ بعد اخراجهِ والنسبة سَ م : م غ هي النسبة لكل نقطة من المنحني . انظر كتابي في التعاليم صحيفة ٢٦٣

ارسم م د عمودًا على ك سَ فالزاوية ل ن سَ هي الزاوية الخارجة للمثلث ن ف سَ وهي معروفة. اطرح منها م ن سَ تبقَ ل ن ر و لنا الضلعان ل ن ن ر فنستعلم الزاوية عند ر ولنا م ر من المثلث م غ ر فنستعلم م غ والزاوية غ م ر و ١٨٠° − (غ م ر + ر م سَ) = م سَ د و م سَ معروف فنستعلم د سَ . وغ م + د سَ = سَ ك اي بعد المحترق عن الخط المرشد فلاجل استعلام البعد الاقرب اقسم سَ ك بحيث تكون نسبة سَ ا : ا ك :: سَ م : م غ فنقطة ا هي البعد الاقرب

وللبعد الابعد اخرج ك سَ الى ب بحيث تكون نسبة سَ ب : ب ك :: سَ م : م غ فتكون نقطة ب البعد الابعد

انصف ا ب في س واقسم سَ س على ا س فالخارج مباينة الفلك

اما طول نقطة البعد الاقرب فيُعرَف من م سَ ا لان طول سَ م يُعرَف من اوّل العمل بالرصد كما تقدّم

في معرفة اقدار الاجرام بالمقابلة بين افلاك اقمار دائرة حولها

(٢١٦) معرفة اقدار الهيولى في الاجرام السموية امر مستغرب عند عامة الناس ولكنهُ معروف بالتدقيق من قواعد الجاذبية العامة

لنفرض ج = جاذبية جرم وم = قدر الهيولى فيهِ وبعدهُ د فقد تقدم ان ج يتغير بالاستقامة كمقدار الهيولى فيهِ وبالقلب كمربع البعد اي ج ∝ $\frac{م}{د^{2}}$ وقد تبرهن ايضًا ان قوّة الجاذبة تتغير كالبعد وبالقلب كمربع المدّة اي كالبعد مقسومًا على مربع وقت الدوران اي ج ∝ $\frac{د}{و^{2}}$ حيث و = وقت الدوران فبالمساواة $\frac{م}{د^{2}}$ ∝ $\frac{د}{و^{2}}$ وم ∝ $\frac{د^{3}}{و^{2}}$ اي مقدار الهيولى في جرمٍ مركزي هو ككعب البعد وبالقلب كمربع مدّة الدوران اي مكعب البعد على مربع وقت الدوران فللمقابلة بين الشمس التي تدور حولها الارض والارض التي يدور حولها القمر لنا

$\frac{٢٣٨٦٥٠^{3}}{(٢٧٫٣٢)^{2}} : \frac{٩١٤٣٠٠٠٠^{3}}{٣٦٥٫٢٥٦^{2}}$ :: ١ : ٣٢٨٠٤٨ تقريبًا اي الشمس ٣٢٨٠٤٨ مرة اكبر من الارض وعلى هذا الاسلوب قد استعلم ان قدرها = ٦٧٤ مرة قدر السيارات جميعها معًا

مثال ١ لوكانت مادة الارض تعدل مادة الشمس فبكم من الوقت كان القمر يدور حولها على افتراض بعدهِ مثل بعدهِ الآن

ليكن ك الوقت المطلوب فلنا ١ : ٣٢٨٠٤٨ :: $\frac{١^{3}}{(٢٧٫٣٢)^{2}} : \frac{١^{3}}{ك^{2}}$ = ١س ٣د ٥٥ث

مثال ٢ كم يجب ان يزيد جرم الارض لكي يدور القمر حولها في نفس مدتهِ الحاضرة اذا بعد عنها ثلاثة امثال ما هو الآن الجواب ٢٧ مرة

مثال ٣ بعد المشتري عن الشمس ٤٩٦٠٠٠٠٠٠ ميل ومدتهُ ٤٣٣٢٫٥٨٥ يومًا . وقمرهُ الرابع بعيد عنهُ ١٣٠٠٠٠٠ ميل ويدور حولهُ في ١٦ يومًا ١٦س ٣١د فما هي نسبة المشتري الى جرم الشمس الجواب ١ : ١٠٤٨

مثال ٤ القمر يدور حول الارض في ٢٧٫٣٢ يومًا على بعد ٢٣٨٦٥٠ ميلاً وقمر المشتري الثاني يدور حولهُ في ٣٫٥٥٢ ايام على بعد ٤٤٣٩٠٠ ميل فما هي نسبة جرم الارض الى جرم المشتري الجواب ١ : ٣٧٨٫١ +

(٢١٧) جرم السيارات التي لها اقمار تُعرَف بمقايسة اوقات دوران القمر حول السيار على دوران السيار حول الشمس وبذلك تُعرَف نسبة اجرامها بالنسبة الى الشمس والتي ليس لها اقمار تُعرَف اجرامها بفعلها في غيرها لاضطراب حركاتها . مثالهُ فعل القمر في المدّ والجزر يُستدَلُّ بهِ على جرمهِ وفعل الزهرة في اضطراب حركة الارض يُستدَلُّ بهِ على جرمها

(٢١٨) كثافة الاجسام تتغير كاجرامها مقسومة على حجمها فان عرفنا الجرم والحجم نعرف الكثافة بالنسبة الى كثافة الارض التي تُحسَب واحدًا ويُعرَف ثقلها النوعي بنسبة كثافتها الى كثافة الماء فتوزَن الاجسام السموية كما توزَن المواد الارضية وقد ذُكِرَت الكثافة والثقل النوعي (انظر صحيفة ١٦٥)

في ثبوت النظام الشمسي

(٢١٩) ان التغيير الحاصل لحركة سيار من جراء فعل آخر فيهِ قليل جدًّا في دوران واحد ولكن هذا التغيير القليل في تمادي الادوار يبلغ الى تغيير عظيم ان بقي على حالهِ وتخرج من ذلك مسائل معتبرة منها هل لا يؤُول ذلك الى ملاشاة الترتيب الحسن الذي نراهُ الآن وبالنتيجة الى خراب النظام الشمسي تماماً فان زادت مباينة فلك الارض شيئًا فشيئًا او اقترب القمر الى الارض قليلاً في كل دورة أَفلا تتغير فصولنا تمامًا بالاوّل وأَلا يقع القمر الى الارض اخيرًا بالثاني وهكذا في بقية السيارات وهذه التغييرات حادثة كما يُعلَم من الرصود في ادوار متتابعة وحركة القمر الآن اسرع ما كانت قديمًا وميل دائرة البروج $\frac{٣}{٥}$° اقل مما كان في عصر ارسطاليس ولكنهُ قد تحقق ايضًا ان هذه التغييرات لها حد معلوم وبعد بلوغها فلا ذلك الحد تعود الحركات راجعةً الى ما كانت عليهِ حسبما برهنهُ لاكرانج ولابلاس من قواعد الجاذبية العامة فلا يمكن لافلاك السيارات ان تتغير كثيرًا عما هي عليهِ ولا لدائرة البروج ان تطابق على خط الاستواء

(٢٢٠) في النظام الشمسي كل ما كان جرم السيار اعظم كانت مباينة فلكهِ اقل فنرى الاصغر مثل النجيمات وعطارد والمرّيخ مباينة افلاكها كثيرة وكلها صغيرة جرماً ومباينة فلك المشتري قليلة جدًّا وذاك يؤُول ايضًا الى منع خروجها كثيرًا عن افلاكها الحاضرة ومن هذه الاسباب يزال كل خوفٍ من جراء عدم ثبوت النظام الشمسي

(٢٢١) بين السيارات نسبة ثابتة من جهة سرعتها وبعدها عن الشمس وجاذبية الشمس لها حتى اذا عُرِفت نسبة سيار الى سيار من جهة امر واحد من هذه الثلاثة يُعرَف الاخران

لنفرض ر = معدل البعد وت = مدة الدوران وس = السرعة وج الجاذبية ولنفرض ص = البطوء = مكفوء السرعة اي $\frac{1}{\text{س}}$ ول = الخفة اي مكفوء الجاذبية اي $\frac{1}{\text{ج}}$

ثم حسب (عـ ١٠٤) $\text{س} = \frac{2\pi\text{ر}}{\text{ت}} \propto \frac{\text{ر}}{\text{ت}} \therefore \text{س}^2 \propto \frac{\text{ر}^2}{\text{ت}^2}$

وبموجب قاعدة كبلر الثالثة

$\text{ت}^2 \propto \text{ر}^3 \therefore \text{س}^2 \propto \frac{\text{ر}^2}{\text{ر}^3} \therefore \text{س}^2 \propto \frac{1}{\text{ر}}$

ثم $\text{ص} = \frac{1}{\text{س}} \therefore \text{س} = \frac{1}{\text{ص}}$ و $\text{س}^2 = \frac{1}{\text{ص}^2} \therefore \frac{1}{\text{ص}^2} \propto \frac{1}{\text{ر}}$ و $\text{ص}^2 \propto \text{ر}$

وايضًا بحيث ان $\text{س} \propto \frac{\text{ر}}{\text{ت}}$ $\text{س}^2 \propto \frac{\text{ر}^2}{\text{ت}^2}$ و $\text{ر}^3 \propto \text{ت}^2 \therefore \text{س}^2 \propto \frac{\text{ت}^{\frac{4}{3}}}{\text{ت}^2}$ او $\text{س}^2 \propto \frac{1}{\text{ت}}$

$\therefore \frac{1}{\text{ص}^2} \propto \frac{1}{\text{ت}}$ و $\text{ص}^2 \propto \text{ت}$

حسب قاعدة الجاذبية $\text{ج} \propto \frac{1}{\text{ر}^2} \therefore \frac{1}{\text{ل}} \propto \frac{1}{\text{ر}^2}$ و $\text{ل} \propto \text{ر}^2$ وقد تقدم ان $\text{ص}^2 \propto \text{ر}$

$\therefore \text{ص}^4 \propto \text{ر}^2$ و $\text{ص}^4 \propto \text{ل}$ فلنا مما تقدم

ص ∞ ص^{١} ر ∞ ص^{٢} ت ∞ ص^{٣} ل ∞ ص^{٤} فلنا مكفوء السرعة ص والبعد ر والمدة ت ومكفوء الجاذبية ل ويُدَل على تناسب بعضها الى بعض بالسلسلة الهندسية ص^{١} ص^{٢} ص^{٣} ص^{٤} فيها الحلقة الاولى = التناسب

(٢٢٣) لاجل استخدام هذه التناسبات اذا فُرِضَت سرعة سيارين فخذ مكفوءها فلك تناسب ص للاثنين فترقي حلقات هذه السلسلة الى القوّة الثانية او الثالثة او الرابعة حسبما تقتضيه المقابلة بين الاثنين من جهة ر اوت او ل

اذا فُرِض تناسب البعد او المدة او الجاذبية بين الاثنين فاستخرج الجذر المدلول عليهِ بدليل ص لكي تستعلم التناسب من جهة ص ثم يتم العمل كما تقدم

مثال ١ مدة النجيم پلاس $\frac{٢}{٣}$ ٤ سنين فكم يزيد بعدهُ عن الشمس على بعد الارض عنها وكم تُجذَب اقل من الارض الى الشمس وكم تبطؤ حركتهُ عن حركة الارض

لنفرض ت ص ر ل للارض و تَ صَ رَ لَ للاس ثم

ت : تَ :: ١ : ٤٬٦٦٧

∵ ص : صَ : $^{\frac{١}{٣}}$(٤٬٦٦٧) : $^{\frac{١}{٣}}$١

ص : صَ :: ١ : ١٬٦٧٢ اي سرعة الارض ١٬٦٧٣ اكثر من سرعة بلاس

ثم ر : رَ :: ١^{٢} : (١٬٦٧)^{٢} :: ١ : ٢٬٧٩٣٦ اي زيادة بعد پلاس عن الشمس فوق بعد الارض عنها

وايضاً ل : لَ :: ١^{٤} : (١٬٦٧)^{٤} :: ١ : ٧٬٧٩٨٥ اي الشمس تجذب الارض نحو ٧٬٨ مرات اكثر مما تجذب بلاس

(٢) كم تكون مدة سيار يدور حول الارض عند سطحها

بعد القمر = ٦٠ × $\frac{١}{٢}$ ق الارض تقريباً فبعد هذا السيار : بعد القمر :: ١ : ٦٠ ∴

ص : صَ :: ١ : $^{\frac{١}{٢}}$(٦٠) ∵ ت : تَ :: ١ : $^{\frac{٣}{٢}}$(٦٠) :: ١ : ٤٦٤٬٦٦

ومدة القمر ٢٧٬٣٢ يوماً = ٦٥٥٬٦٨ ساعة فتكون مدّة السيار $\frac{٦٥٥٬٦٨}{٤٦٤٬٦٦}$ = ١٬٤١١ ساعة = ١س ٢٤د ٣٩ث تقريباً

(٣) كم يجب ان تسرع الارض حتى تخسر الاجسام على خط الاستواء كل وزنها

هذه هي نفس حالة السيار المذكور في المثال الثاني مدتهُ ١٬٤١١ ساعة و $\frac{٢٤}{١٬٤١١}$ = ١٧ فلو اسرعت الدورة اليومية على المحور ١٧ مرة لخسرت كل الاجسام على خط الاستواء وزنها ودارت دورة مستقلة

مثال ٤ ما هي مدة جرم دائر حول الارض على بعد ٥٠٠٠ ميل عن مركزها

الجواب $١^{\text{س}}\ ٥٩^{\text{د}}\ ٣٢\frac{١}{٤}^{\text{ث}}$

مثال ٥ الى كم يجب ان يبعد القمر عن الارض لكي تصير مدتهُ سنة

الجواب ١٣٤٤٠٠٠ ميل

مثال ٦ لو كُشِف سيار حركتهُ اليومية خمسة امثال حركة عطارد اليومية فكم تكون بعدهُ عن مركز الشمس

الجواب ١٤٨٠٠٠٠ ميل

مثال ٧ النجم الكبير المذنب سنة ١٨٤٣ كان عن مركز الشمس عند البعد الاقرب ٥٣٢٠٠٠ ميل فما هي سرعتهُ كل ساعة

مثال ٨ كم يجب ان يزيد جرم الارض لكي يدور حولهُ القمر في ٢٤ ساعة على بعدهِ الحاضر

مثال ٩ اذا قُذِفَت مواد من بركان في القمر نحو الارض اين تكون على موازنة بينهما على افتراض جرم القمر $\frac{١}{٨٠}$ من جرم الارض

الجواب ٢٤٠٠٠ ميل من مركز القمر تقريبًا

مثال ١٠ على افتراض عدم وجود جرم في الكون غير كرة قطرها قيراطان كثافتها كثافة الارض ولها قمرٌ نقطةٌ كم تكون مدّة القمر على بعد قدم اذا دار في دائرة تامة

الجواب $٣^{\text{ي}}\ ١٠^{\text{س}}\ ١٣^{\text{د}}$

قد تقدم ان الجاذبية تتغير بالاستقامة كالمادة وبالقلب كمربع البعد والنور بالاستقامة كالمادة او مقدار الجسم النيّر وبالقلب كمربع البعد

مسئلة. اذا فُرِضَت مادة الارض ٧٥ مرة مادة القمر والبعد بينهما ٣٠ مرة قطر الارض ووُصِل بين مركزيهما بخط فاين على ذلك الخط تكون الجاذبية نحو احدهما متساوية للجاذبية نحو الآخر

افرض س = مادة القمر وب = مادة الارض ود البعد بينهما وك = بعد النقطة المطلوبة من مركز الارض فيكون الباقي (د − ك) وبالمبدا المذكور

$$\text{ك}^٢ : (\text{د} - \text{ك})^٢ :: \text{ب} : \text{س} \quad \sqrt{\text{س}}\,\text{ك} = \pm \sqrt{\text{ب}}\,(\text{د} - \text{ك})$$

$$\text{ايجابًا ك} = \frac{\text{د}\sqrt{\text{ب}}}{\sqrt{\text{ب}} + \sqrt{\text{س}}} \quad \text{و د} - \text{ك} = \frac{\text{د}\sqrt{\text{س}}}{\sqrt{\text{ب}} + \sqrt{\text{س}}}$$

وبالمفروض د = ٣٠ ب = ٧٥ وس = ١

$$\text{ك} = \frac{٣٠\sqrt{٧٥}}{\sqrt{٧٥} + ١} = ٢٦٫٩ \text{ تقريبًا و د} - \text{ك} = ٣٫١ \text{ تقريبًا}$$

$$\text{سلبًا }\ \text{ك} = \frac{\text{د}\sqrt{\text{ب}}}{\sqrt{\text{ب}} - \sqrt{\text{س}}} \quad \text{و}\ \text{د} - \text{ك} = \frac{-\text{د}\sqrt{\text{س}}}{\sqrt{\text{ب}} - \sqrt{\text{س}}}$$

$$\text{ك} = \frac{٣٠\sqrt{٧٥}}{\sqrt{٧٥} - ١} = ٣٣٫٩ \quad \text{د} - \text{ك} = - ٣٫٩ \ \text{تقريبًا}$$

اي الجاذبية نحو الارض تعدل الجاذبية نحو القمر ايضًا على الخط المذكور الى الجهة المتقابلة من القمر تعدل ٣٫٩ مرة قطر الارض

مسئلة . اين على الخط المشار اليهِ تكون جاذبية الارض ١٦ مرة جاذبية القمر

افرض ك = البعد عن الارض د – ك = البعد عن القمر وجاذبية الارض = $\frac{\text{ب}}{\text{ك}^٢}$ وجاذبية القمر $\frac{\text{س}}{(\text{د} - \text{ك})^٢}$ بشروط المسئلة $\frac{\text{ب}}{\text{ك}^٢} = \frac{١٦\,\text{س}}{(\text{د} - \text{ك})^٢}$

$$\text{و}\ \frac{\sqrt{\text{ب}}}{\text{ك}} = \pm \frac{٤\sqrt{\text{س}}}{\text{د} - \text{ك}}$$

$$\text{د}\sqrt{\text{ب}} - \sqrt{\text{ب}}\,\text{ك} = \mp ٤\sqrt{\text{س}}\,\text{ك}$$

$$\text{ايجابًا}\quad \text{ك} = \frac{\text{د}\sqrt{\text{ب}}}{\sqrt{\text{ب}} + ٤\sqrt{\text{س}}} = ٢٠٫٥\ \text{تقريبًا}$$

$$\text{سلبًا}\ \text{ك} = \frac{\text{د}\sqrt{\text{ب}}}{\sqrt{\text{ب}} - ٤\sqrt{\text{س}}} = ٥٥٫٧$$

اي ٥٥٫٧ مرة قطر الارض في الجهة المتقابلة

لو فُرِض عدد آخر غير ١٦ تظهر في العبارة المذكورة على صورة $\sqrt{\text{س}}$ فلو قيل اين تكون جاذبية الارض ن مرة جاذبية الارض على الخط المذكور لنيل بالعبارات المذكورة

$$\frac{\text{د}\sqrt{\text{ب}}}{\sqrt{\text{ب}} + \sqrt{\text{ن س}}} \quad \text{و} \quad \frac{\text{د}\sqrt{\text{ب}}}{\sqrt{\text{ب}} - \sqrt{\text{ن س}}}$$

وهذه القاعدة تصح في اي جسمين فُرِضا وتصح في نسبة نور جسمين كما تصح في جاذيتهما اذا فُرِضَت نسبة نور احدهما الى نور الآخر على بعدٍ محسوب واحدًا

وتصح القاعدة ايضًا اذا فُرِض البعد بين جرمين وطُلِب النور النسبي او الجاذبية النسبية بينهما

مثال . مفروض بعد المريخ وبعد القمر عن الارض مطلوب نسبة نور احدهما الى نور الآخر لو كانا على مساحة واحدة لنيلا مقدارًا واحدًا من نور الشمس على بعدٍ واحدٍ واذا اختلف البعد

فالنور يختلف كالمساحة وبالقلب كمربع البعد

مساحة الكرات هي بالنسبة الى كعوب اقطارها ولنفرض م = قطر المرّيخ و م' = قطر القمر و ر = بعد المرّيخ عن الشمس و ر' = بعد القمر عن الشمس

فنور المرّيخ = $\frac{\text{م}^2}{\text{ر}^2}$ ونور القمر النسبي $\frac{\text{م}'^2}{\text{ر}'^2}$

ثم من انعكاس النور منهما الى الارض يقل بالنسبة الى مربع بعد الجرمين المذكورين عن الارض

افرض د = بعد المرّيخ عن الارض

" د' " القمر " "

فحينئذٍ $\frac{\text{م}^2}{\text{ر}^2\,\text{د}^2}$ = نور المرّيخ عند ادارة كل وجهه المنوّر نحو الارض و $\frac{\text{م}'^2}{\text{ر}'^2\,\text{د}'^2}$ = نور البدر

فلنحسب نور المرّيخ وهو في الاستقبال واحدًا

ولنفرض نور القمر البدر بالنسبة الى نور المرّيخ ك فلنا

$$\frac{\text{م}^2}{\text{ر}^2\,\text{د}^2} : \frac{\text{م}'^2}{\text{ر}'^2\,\text{د}'^2} : ١ : \text{ك}$$

ك = $\frac{\text{م}'^2}{\text{م}^2} \times \frac{\text{ر}^2}{\text{ر}'^2} \times \frac{\text{د}^2}{\text{د}'^2}$. يكفي في هذا الكسر معرفة نسبة م' الى م و ر الى ر'

م = ٤٠٠٠ تقريبًا م' = ٢١٥٠ $\frac{\text{م}'}{\text{م}} = \frac{٤٣}{٨٠}$

ر = ١٤٤٠٠٠٠٠٠ ور' = ٩٥٠٠٠٠٠٠ $\frac{\text{ر}}{\text{ر}'} = \frac{١٤٤}{٩٥}$

د = ١٤٤٠٠٠٠٠٠ − ٩٥٠٠٠٠٠٠ = ٤٩٠٠٠٠٠٠ د' = ٢٤٠٠٠٠ $\frac{\text{د}}{\text{د}'} = \frac{٤٩٠٠}{٢٤}$

و ك = $\left(\frac{٤٣}{٨٠}\right)^2 \times \left(\frac{١٤٤}{٩٥}\right)^2 \times \left(\frac{٤٩٠٠}{٢٤}\right)^2 = ٢٧٦١١$

اي نور البدر ٢٧٦١١ مرة نور المرّيخ عند الاستقبال وهو على معظم نوره

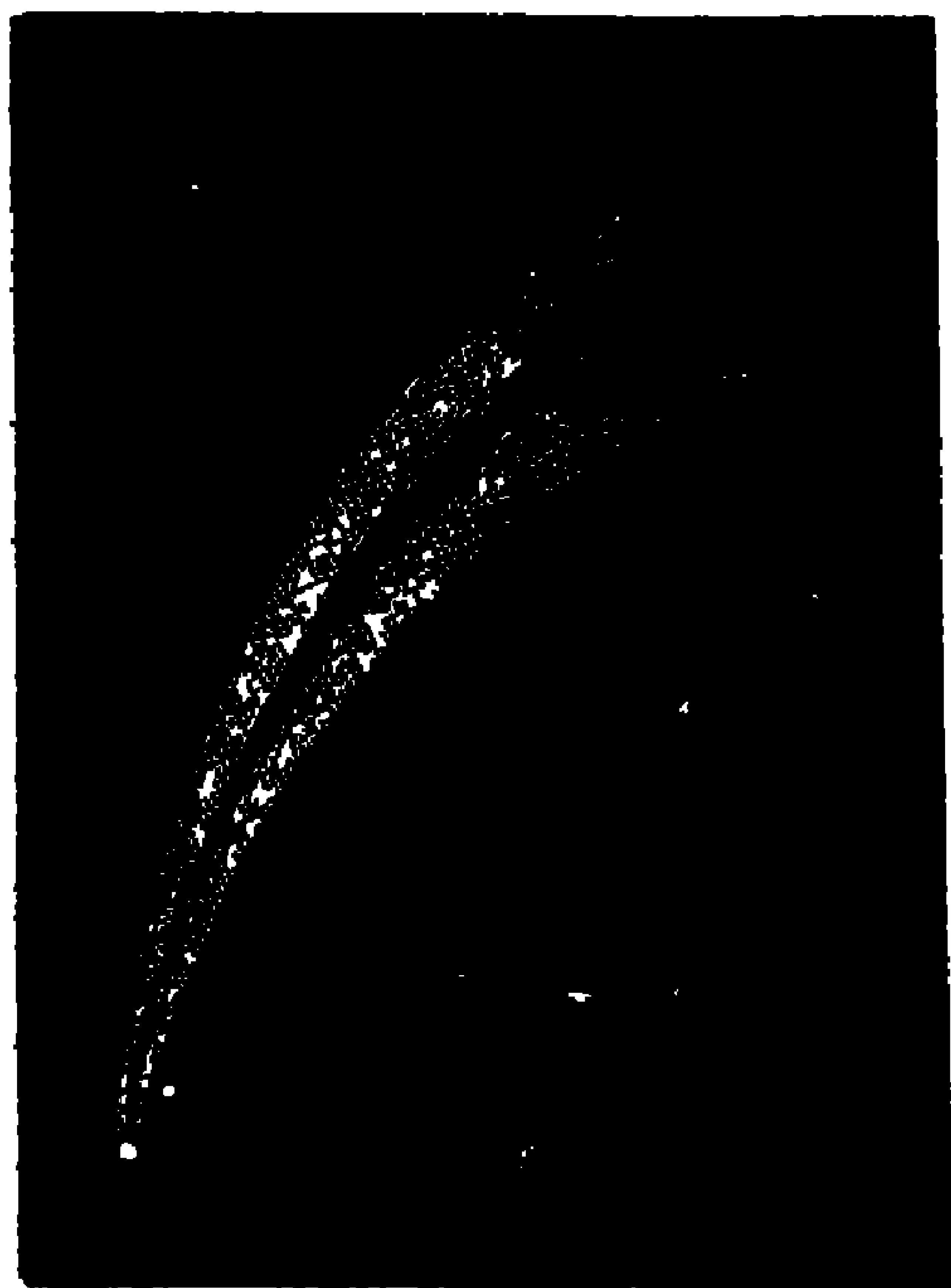
مسئلة . ما هو نسبة نور المشتري الى نور زُحَل عند الارض عند استقبالهما على افتراض نسبة قطر المشتري الى قطر زُحَل :: ١١١ : ٨٣ وبعد الثلاثة الاجرام النسبي عن الشمس ١٠ و٥٢ و٩٥

الجواب اذا حُسِب نور زُحَل واحدًا يكون نور المشتري ٤٥ ٢٤ تقريبًا

الفصل الثاني عشر

في النجوم المذنَّبة والنيازك او الشهب

(٣٢٣) لنجم ذي ذنب غالبًا ثلاثة اجزاء وهي النواة او اللبّ واللحية والذنب اما النواة فهي نقطة بيضاء نيرة في وسط الراس واما اللحية او الشعر فهي مادة سحابية محيطة بالنواة وكثيرٌ منها لا يُرَى لها نواة اما الذنب فكانهُ امتداد اللحية وذلك احيانًا الى طول عظيم جدًّا



شكل ١٣٥ مذنب دوناتي مارٌّ بالسماك الرامح في ٥ ت ١ سنة ١٨٥٨

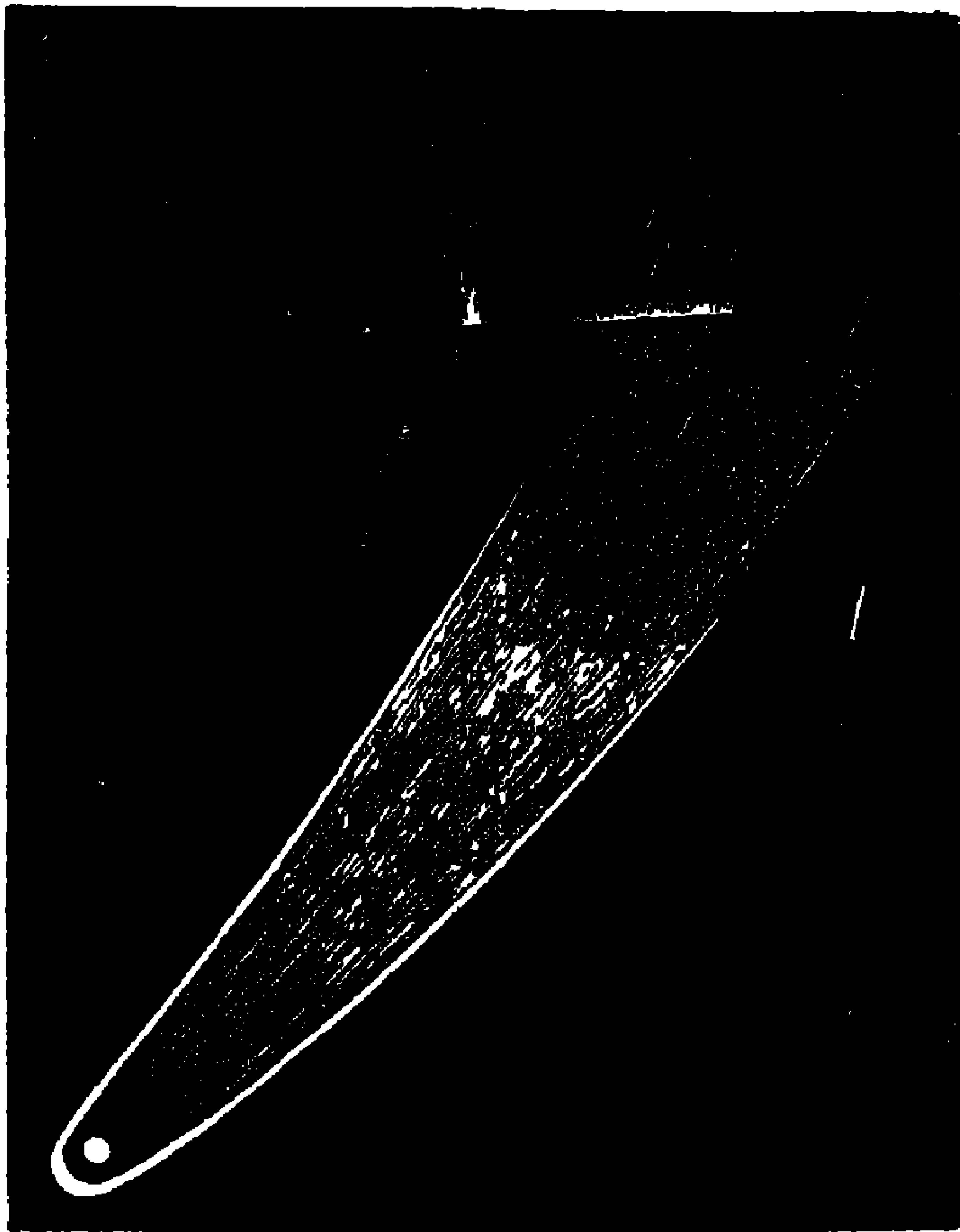


شكل ١٣٦ مذنب سنة ١٦٨٠

(٣٢٤) عدد هذه الاجرام كثير وقد حُسِبَت افلاك نحو ٢٠٠ منها وقد ذُكِر ظهور اكثر من ٥٠٠ لم تُحسَب افلاكها وربما ياتي ويمضي منها كثير لا تُرَى لكونها فوق الافق في النهار مدة ظهورها للارض وقد ذكر الفيلسوف سنيكا انهُ في كنعين حدث ق م ٦٠ ظهر نجم مذنب بقرب الشمس وقد رسمنا صورة رُوِّي بعض هذه الاجرام مع اوقات ظهورها فالذي ظهر في سنة ١٦٨٠ رصدهُ اسحق نيوتون وحسب فلكهُ وهو اوَّل من حسب فلك نجم مذنَّب على موجب قواعد تعاليمية حقيقية. اقترب الى الشمس حتى صار بينهما ١٣٠٠٠٠ ميل فقط

ومن هذه الاجرام ما سُمّي مذنّب هالي لان المعلم هالي حسب فلكهُ واخبر بوقت رجوعهِ فرجع حسب ما اخبر بهِ ومنها مذنّب انكي ومذنب بيلا لامدنبها ليست بطويلة كما سياتي ذكرهُ

(٣٢٥) بين هذه الأجرام اختلاف كلي في حجمها ونورها فنقرا في التاريخ عن نجم مذنّب ظهر في رومية مدة يسيرة قبل موت يوليوس قيصر كان يُرَى في نصف النهار وقت معظم نور الشمس والذي ظهر في ١٦٨٠ امتد ذنبهُ في قوس ٩٧° وحُسِب طولهُ ١٢٣٠٠٠٠٠٠ ميل والذي ظهر في ١٨١١ كان قطر نواتهِ ٤٢٨ ميلاً فقط وطول ذنبهِ ١٢٣٠٠٠٠٠٠ ميل ولو التفّت الارض فيهِ لاحاطها اكثر من ٥٠٠ مرة وقد ظهرت نجوم مذنّبة قطر نواتها ٢٥ ميلاً فقط وكثير منها تبان لنا مثل قليل من البخار او قطع من الضباب واكثر النجوم المذنّبة لا تُرَى الّا بواسطة نظارة



شكل ١٢٧ مذنب سنة ١٨١١

ورؤية نجم واحد من هذا النوع تتغير عما كانت قبل وقد ظهر نجم هالي سنة ١٣٠٥ وسُمّي النجم ذا المقدار المهول وفي ١٤٥٦ امتدّ ذنبهُ من الافق الى سمت الراس وامر البابا بتقديم صلوات خصوصية يوميًّا في جميع الكنائس لعلّ الله ينجّي العالم من هذا النجم ولما ظهر ايضًا في سنة ١٦٨٢ كان طول ذنبهِ ٣٠° فقط وفي ١٧٥٩ لم يُرَ الّا بالنظارة حتى بعد جوازهِ نقطة البعد الاقرب وعند رجوعهِ سنة ١٨٣٥ كان طول ذنبهِ ١٢° فقط وهذا التغيير حاصل من تغيير موقعهِ بالنسبة الى الارض لانهُ ان نُظِر الى الاذناب على خطٍّ عمودي تبانٍ قصيرة وان نُظِر اليها بالوروب تبان طويلة وايضًا من كون الارض احيانًا قريبة اليها عندما تقطع دائرة البروج واحيانًا بعيدة وهي ايضًا تتغير حقيقة حجمًا ونورًا

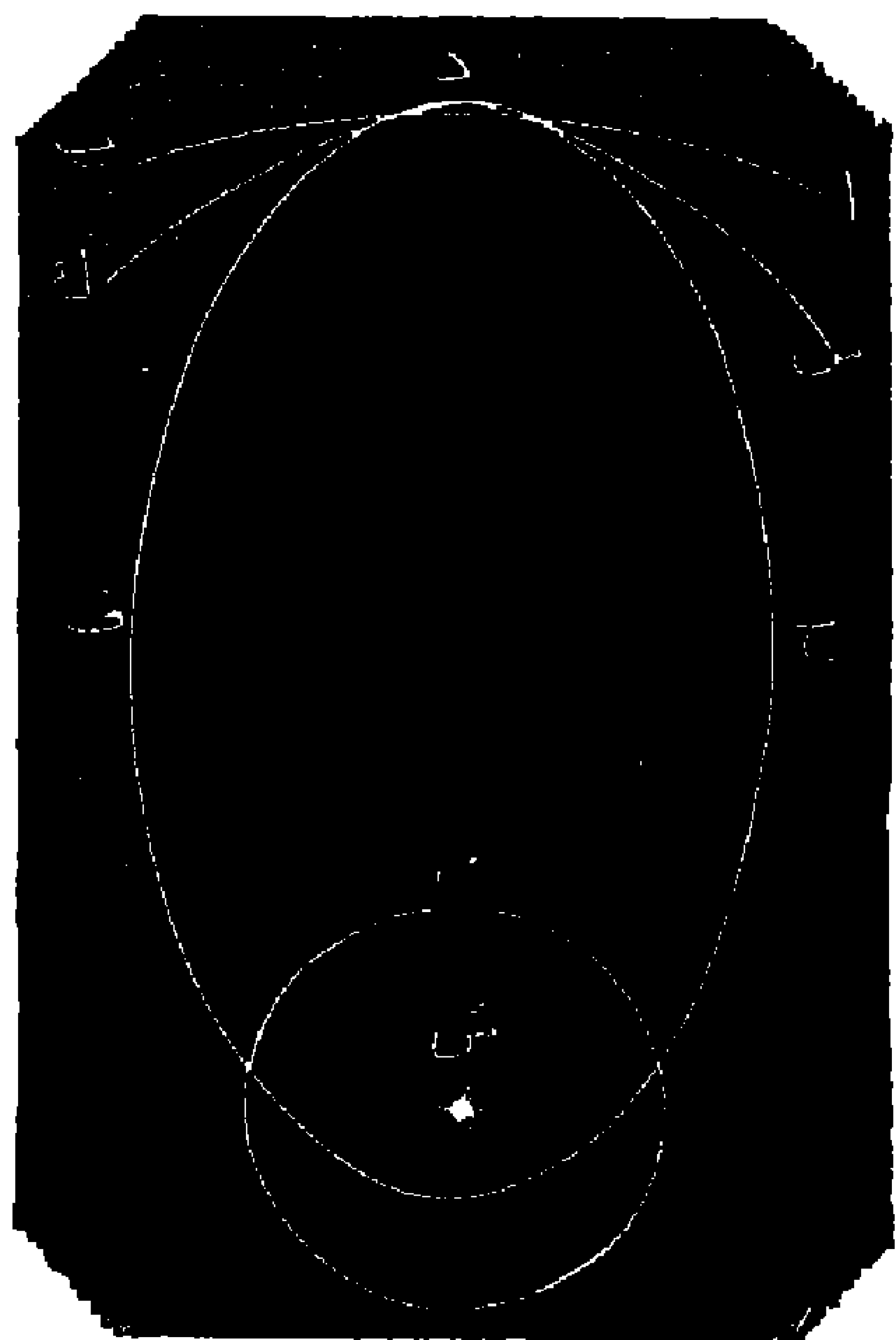
(٣٢٦) مدّات دوران هذه الاجرام تختلف ايضًا كثيرًا. فمذنب انكي يدور في ٣½ سنة او ١٢٠٨

ايام ولا يُعرَف مذنب مدتهُ اقصر من هذه والذي ظهر سنة ١٨١١ فقد حُسِبَت مدتهُ ٣٠٦٥ سنة على احتمال خطاء ٤٣ سنة بعدهُ الابعد ١٤ مرة بعد نبتون عن الشمس اي ٤٠١٢١٠٠٠٠٠٠ ميل والمسافة بين هذه الاجرام والشمس مختلفة كثيراً فمذنب أنكي لا يخرج خارج فلك المشتري ومذنب هالي بعيد عن الشمس مضاعف بعد اورانوس او ٣٦٠٠٠٠٠٠٠٠ ميل تقريباً والبعض تبتعد اكثر من ذلك على ما يُزعَم والبعض تتحرك في افلاك شلجمية او هذلولية فلا تعود اصلاً . ومنها ما يتقدم نحو الشمس على منحنٍ يختلف قليلاً عن خط مستقيم ويقطع السماء بقرب الشمس حتى يختفي في نورها ثم يظهر ايضاً من الجانب الآخر وربما زاد لمعانهُ وطول ذنبهِ . ونور هذه الاجرام مستمد من الشمس وقد ظهر في بعضها رُوَى كرُوَى القمر نادرة الظهور من جراء المادة السحابية او اللحية المحيطة بالنواة ويُعرَف كون نورها مستمد من خصائص النور الذاتي والمستمد

(٣٣٧) اذناب هذه الاجرام غالبًا تطول عند اقترابها الى الشمس وعند ابتعادها احيانًا يتلاشى الذنب قبل ان تختفي النواة عن النظر واحيانًا ينقسم الذنب الى اقسام وفي سنة ١٧٤٤ ظهر نجم لهُ ستة اذناب منفرشة بين الذنبين الجانبيين زاوية ٤٥° . والذنب متجه الى خلاف جهة الشمس عن النواة فعند التقدم نحو الشمس يكون الذنب وراء النواة وعند الذهاب عنها يسبق الذنب النواة ومحورهُ في الغالب منحنٍ تقعيرهُ نحو جهة حركة النجم

(٣٣٨) الهيولى في نجوم ذوات اذناب قليلةٌ جدًا ومادة اذنابها لطيفة جدًا حتى تبان النجوم من ورائها فلا تُحسَب الا بخار لطيف ينفذ فيهِ شعاع الشمس وكثافتها كافية لتعكيس بعض هذه الشعاع واعلى الغيوم اكثف كثيرًا من هذه الاذناب وقلة هيولى هذه الاجرام يبان من مرورها بقرب السيارات بدون اضطراب حركاتها ما يُشعَر بهِ فالذي ظهر سنة ١٧٧٠ في طريقتهِ نحو الشمس دخل بين اقمار المشتري وبقي هناك ٤ اشهر تقريباً ولم يحدث من ذلك تغيير في حركاتها وهو ايضاً اقترب الى الارض حتى كان بينها ١٤٠٠٠٠٠ فقط فلو كان جرمهُ مثل جرم الارض [illegible] بهِ حركات الارض وطالت السنة ٣ ٤٧ ولكن [illegible] جرمهُ ١/٥٠٠٠ من جرم الارض وان قيل ما هو البر[illegible] وعلى انها ليست اند فاعات نور لقيل انها وان لم يحصل اضطراب في حركات السيارة من جراها ولكنها هي نفسها تضطرب كثيرًا بالسيارات كما ان ابرة مغنطيسية تنحرف كثيرًا بقطعة حديد بدون ان تتحرك القطعة اصلاً بل هذه الاجرام نفسها تتغير افلاكها بالكلية من جرا جاذبية سيارها فالذي ظهر في سنة ١٧٧٠ كان فلكهُ حينئذٍ هليلجيًا يقطعهُ في مدة ٥ ½ سنين وتعجبوا من عدم ظهورهِ قبل ذلك وظنوا انهُ قد انحرف عن طريقتهِ الاصلية بجاذبية المشتري ثم وُجِد بالفهقرى انهُ دخل في فعل جاذبية المشتري في اوائل

سنة ١٧٦٧ ثم بحساب مقدار تلك الجاذبية وجدوا فلكهُ قبل دخوله في جاذبية المشتري هليلجيًّا يقطعهُ في مدة ٥٠ سنة وبعده الاقرب بقرب المشتري عوضًا عن ان يكون بعده الابعد هناك فعُرِف سبب عدم ظهورهِ قبل وفي كانون الثاني ١٧٦٧ كان بقرب المشتري وكلاهما متحركان الى جهة واحدة والاَّ قليلاً في سطح واحد فبقيا على ذلك مدة بعض الشهور وكان السيار بين النجم والشمس فانحرف النجم عن فلكهِ حتى تغير فلكهُ الى ما يقطعهُ في ½ ٥ سنين ثم في اقترابهِ الى الشمس سنة ١٧٧٩ وقع ايضًا في جاذبية المشتري وبقي على ذلك من حزيران الى تشرين الاوَّل وفي شهر آب كان بعد المشتري عنهُ $\frac{1}{491}$ بعدهُ عن الشمس وكانت جاذبية المشتري لهُ ٢٢٥ مرة اعظم من جاذبية الشمس لهُ فانحرف الى فلك جديد بعده الاقرب عن الشمس بقرب سيرس ومدتهُ ٢٠ سنة وعلى ذلك البعد من الشمس لا يظهر لنا وهو يبقى في فلكهِ هذا الى الابد اذا ما فعلت فيهِ علة اخرى تحرفهُ ايضًا حتى يدور في فلك اصغر من الذي يدور فيها الآن


شكل ١٣٨

(شكل ١٣٨) ا ب قسم من فلك المشتري ي فلك الارض س د ك فلك المذنب قبل ١٧٧٠ فعند د تعوق من قبل فعل المشتري لجذبتهُ الشمس الى الفلك الصغير د ف ح فمر بهِ دورتين ثم عند د فعل بهِ المشتري ايضًا واسرعهُ حتى تحرك في س د ك

افلاك النجوم المذنبة مختلفة الميل على دائرة البروج بين ١° الى ٩٠° وحركتها احيانًا كثيرة مدبرة اي قد تدور حول الشمس من الشمال الى الجنوب او من الشرق الى الغرب

(٢٣٩) اصول افلاك النجوم المذنبة هي

(١) وقت بعدها الاقرب من الشمس = P P او τ

(٢) طول نقطة البعد الاقرب = π

(٣) طول العقدة الصاعدة منظورًا اليها من الشمس = ☊

(٤) اقل بعدهِ عن الشمس في امثال ½ ق الارض = q

(٥) ميل فلكهِ على دائرة البروج = i واستعلام هذه الاصول سماهُ نيتون عملية طويلة عسرة وذلك من كون هذه الاجرام ظاهرة مدة يسيرة في جزء صغير من افلاكها ومن كون حركات بعضها الى خلاف جهة حركة الارض او عمودية على دائرة البروج وايضًا لان منحنيات كثيرة هليلجية قد يكون بعدها الاقرب في نقطة واحدة فان انحرفت قليلاً جدًّا في تلك النقطة تتغير انحناءه الهليلجي

تماما كما يتضح من شكل ١٢٩ فخطاه بعض الثواني في ذلك يجعل اختلاف مئات سنين في مدة الدوران وعلى ذلك حسب المعلم بسّل مدة مذنب سنة ١٧٩٦ انها ٢٠٨٩ سنة وبعد حين وجد ان خطاهُ ٥" في الرصد كان يزيد تلك المدة الى ٢٦٧٨ او ينقصها الى ١٦٥٢ سنة



شكل ١٢٩

(٣٢٩) للاسباب المتقدّم ذكرها يفرض معلّمو هذا الفن لذوات الاذناب افلاكاً شلجمية ويحسبون مدّاتها على ذلك المفروض لكون الشلجمي متوسطاً بين الهليلجي والهذلولي. الّا في ذوات اذناب مدّاتها قصيرة مثل نجم انكي ثم يراجعون قوائم النجوم المذنبة فاذا وجدوا ما تقرب اصول فلكهِ الى المحسوب يحسبون فلكهُ على افتراضهِ هليلجيًّا ويستعلمون مدتهُ حسب ذلك

الاصول المتقدم ذكرها ما خلا مدّة الدوران تُحسَب كاصول السيارات ويكفي لذلك ثلاث رصود لمعرفة صعودها المستقيم وميلها

(٣٣٠) من جراء تغيير رؤية ذي ذنب لا نحقق ذاتيتهُ من رؤيتهِ بل من ذاتية اصولهِ وعلى ذلك عرف هالي النجم المسمّى باسمهِ انهُ هو نفس المذنب الذي ظهر قبل في سنين معلومة اي من مساواة اصولهِ في تلك السنين كما يتضح من هذا الجدول

وقت الظهور	ميل فلكهِ	طول العقدة	طول نقطة الراس	البعد الاقرب	جهة الحركة
١٤٥٦	١٧° ٥٦'	٤٨° ٣٠'	٣٠١° ٠٠'	٠.٥٨	مدبرة
١٥٣١	١٧ ٥٦	٤٩ ٢٥	٣٠١ ٣٩	٠.٥٧	"
١٦٠٧	١٧ ٠٢	٥٠ ٢١	٣٠٢ ١٦	٠.٥٨	"
١٦٨٢	١٧ ٤٢	٥٠ ٤٨	٣٠١ ٣٦	٠.٥٨	"

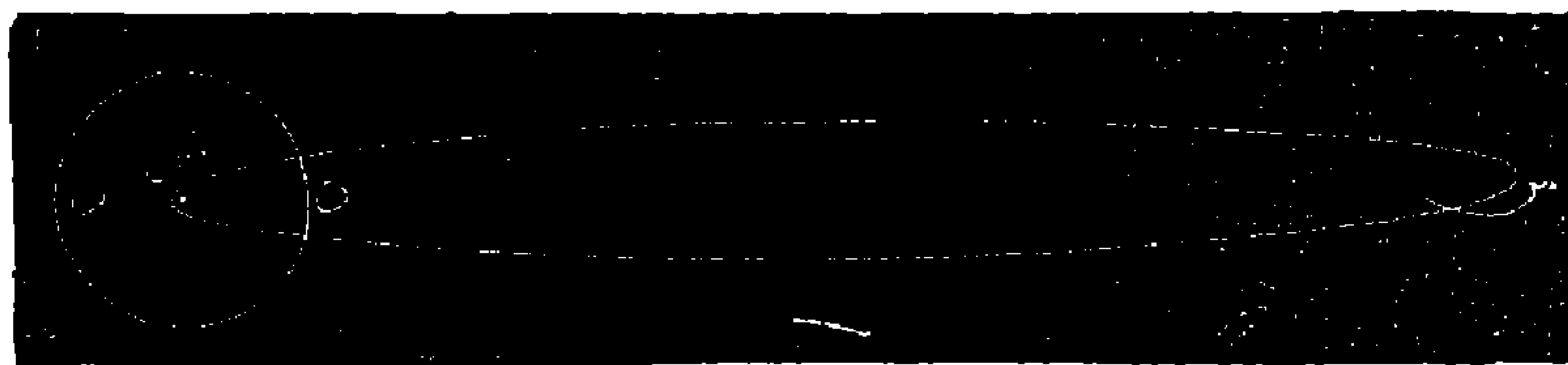
ولا ريب ان هذه اصول جرم واحد والمدّات ٨٥ او ٧٦ سنة فحسب هالي انهُ يعود يظهر ١١٥٨ وبقي المعلمون في انتظارهِ عند ذلك الوقت ثم وجد ان طريقهُ يكون بقرب زُحَل والمشتري فيتأخر بذلك وحسب كلارود الفرنساوي مدّة التأخير ٦١٨ يوماً اي ١٠٠ يوم من جاذبية المشتري و٥١٨ من جاذبية زُحَل وعلى ذلك كان يجب ان يظهر سنة ١٧٥٩ وعيَّن المذكور وقت وصولهِ الى نقطة الراس اليوم ١٣ من نيسان وبالحقيقة وصل الى تلك النقطة في ١٢ من اذار من تلك السنة

ثم ان بونتكولانت الفرنساوي حسب وقت رجوعهِ في تشرين الثاني سنة ١٨٣٥ ووصولهُ الى نقطة الراس لم يختلف الاَّ يومًا واحدًا عن الوقت المحسوب له

(٣٣١) اما نجم انكي فمن وقت حساب مدتهِ الى الآن لم يزل يرجع في اوقاتهِ المعينة وبهِ انفكت المسئلة هل الفسحات بين السيارات خالية بالكلية او فيها مادة وقد حُسِبَت خالية لعدم تاثير يُشعَر بهِ في حركات السيارات ولكن قشة او ريشة خفيفة يفعل فيها انصدام لا يفعل في كلة مدفع وقد وُجِد ان هذا النجم تاخر قليلاً من تصادم مادة في الفسحات بين السيارات ومن اوَّل كشفهِ الى الآن تاخر بذلك يومين وفعل هذا الانصدام هو تقريب النجم اكثر واكثر الى الشمس في كل دورة الى ان يقع اليها ولابد من ذلك بعد تتابع الادوار اذا ما وُجِد ما يؤُول الى منعهِ كما راينا في اضطرابات السيارات غير ان حقيقة وجود المادة المشار اليها باقية تحت الشك اذ لم يظهر لها تاثير في رجوع النجم سنة ١٨٣٥

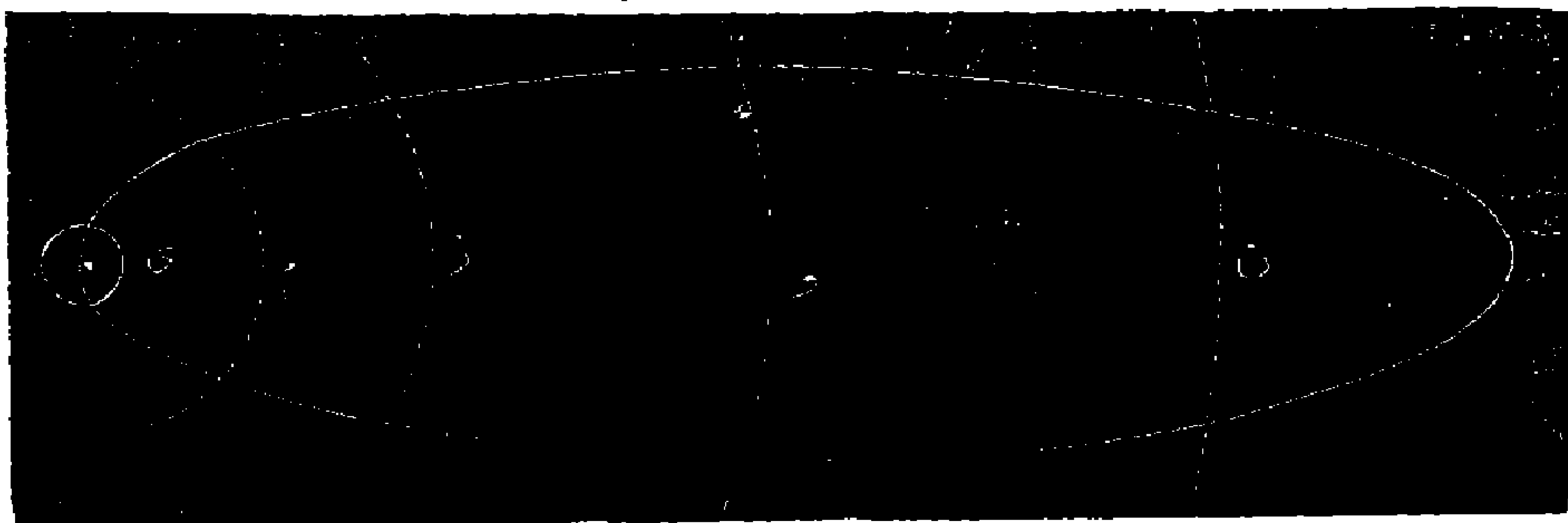
(٣٣٢) المذنب الذي ظهر سنة ١٦٨٠ عند نقطة الراس كان بينهُ وبين الشمس ١٣٠٠٠٠ ميل فقط وذلك $\frac{١}{١٦٦}$ من بعد الارض فحُسِبَت حرارتها هناك ٢٨٠٠٠ مرة اكثر من التي تصيب الارض من الشمس اي ٢٠٠٠ مرة اكثر من الحديد المحمي لدرجة الحمورة وذلك كافٍ لتحويل اقصى المواد الى بخار لطيف والبرد العظيم في الابعاد التي تصل اليها يضغطها الى ما كانت عليهِ اولاً غير ان هذه الاشياء لم تزل بين الامور المبهمة او المجهولة

في سنة ١٨٦١ مرت الارض بذنب مذنب ولم نتاثر بما يُشعَر بهِ



شكل ١٤٠

شكل ١٤٠ يدل على هليجية مذنب ١٨٤٩ ش الشمس ي ن فلك نبتون وش س هليجية المذنب



شكل ١٤١

وشكل ١٤١ دال على فلك مذنب هالي ي فلك الارض وم فلك المشتري وز فلك زُحَل وو فلك اورانوس ون فلك نبتون

اسماء النجوم المذنبة ذوات مدّات قصيرة افلاكها معروفة

اسم النجم	مدّة سنين	بعد اقرب	بعد ابعد	ظهر
نجم انكي	٣٫٢٩٦	٣٢٠٠٠٠٠٠	٣٨٧٠٠٠٠٠٠	تُ ١٨٦٨
" بيالا	٦ ٢/٣	٨٥٠٠٠٠٠٠	٥٧٠٠٠٠٠٠٠	ايار ١٨٧٣
" فاي	٧ ١/٣	١٦١٠٠٠٠٠٠	٥٦٥٠٠٠٠٠٠	حزيران ١٨٧٣
" برورسن	٥ ١/٣	٦٤٠٠٠٠٠٠	٥٣٧٠٠٠٠٠٠	ايار ١٨٦٨
" دارست	٦ ١/٣	١١١٠٠٠٠٠٠	٥٤٦٠٠٠٠٠٠	كُ ١٨٧١
" ونكي	٥ ١/٣	٧٣٠٠٠٠٠٠	٥٣٦٠٠٠٠٠٠	حزيران ١٨٦٩ و١٨٧٤
" دي فيكو	٥٫٤٦	١١٠٠٠٠٠٠٠	٤٧٥٠٠٠٠٠٠	شباط ١٨٧٣
" مشائين	١٣٫٦٦			تُ ١٨٧١
" هالي	٧٦٫٧٨	٥٦٠٠٠٠٠٠	٣٢٠٠٠٠٠٠٠٠	يعود ١٩١٠ ربما

في النيازك او الشهب

(٣٣٣) في أكثر الليالي تشاهد ما يشبه شعلة نار مارة بسرعة في الجو وبعض الليالي تكثر جدًّا وتلك المناظر تُسمّى نجومًا ساقطة وشهبًا ونيازك وتارةً تكون كبيرة جدًّا مضيئة تتفرقع بصوت مسموع الى بعيد بعد اشتعالها وتارةً تسقط الى الارض قطع كبار منها فقد انقسمت تلك الظواهر باعتبار هذه الامور الى ثلاثة اقسام وهي

(١) حجارة جوّية (٢) كرات نارية (٣) شهب. ولولا شدّة نور الشمس الغالب لظهرت نهارًا كما تظهر ليلاً وقد ذُكِرَت مشاهدة بعضها نهارًا

(١) حجارة جوية . ذُكِر سقوط حجارة الى الارض في اوقات مختلفة من ٦٥٠ ق م الى الوقت الحاضر حتى بلغ عدد تلك الحجارة المعروفة ظروف سقوطها ٢٦٣ . ذُكِر في تاريخ صيني انهُ في ١٤ كُ سنة ٦١٦ ق م سقط حجر كسر عدّة مركبات بريّة وقتل ١٠ رجال وفي بعض تواريخ الاعصار المتوسطة ذُكِر انهُ في سنة ٩٤٤ ب م مرت كرات نار في الجو وحرقت عدة بيوت وفي ٢٣ اذار سنة ١٨٤٦ نحو الساعة الثالثة بعد الظهر مرت على ضيعة في مقاطعة كارون الاعلى من فرانسا حزمة مشتعلة بصوت عظيم وسقطت على مخزن فحرقتهُ واحترق ايضًا عدّة مخازن بقربهِ بما فيها وفي صباح

٢١ آب سنة ١٨٧٢ مرت شعلة كبيرة في قسم من بلاد ايطاليا وتفرقع بقرب بوزاليا الى الشمال الشرقي من رومية

وفي ٧ تٓ سنة ١٤٩٢ سقط حجر وزنة ٢٦٠ ليبرا بقرب انسهيم في اعلى نهر الرين بين الساعة ١١ والظهر. سمع الناس مثل قصيف رعد ودوي مستطيل فراى ولد شيئًا سقط في حقل مزروع قمحًا فوجدوا الثقب في الارض الذي حدث من سقوطهِ واخرجوهُ ووضعوهُ في الكنيسة وبقي هناك ٣٠٠ سنة الى ان نُقِل الى باريز ثم أُرجِع الى محلهِ الاوَّل

وفي ٢٦ نيسان سنة ١٨٠٣ مرت على بلاد نورماندي شعلة نحو ساعة بعد الظهر ثم سُمِع تفرقع دام صوتهُ نحو ٦ دقائق وسقط بعد ذلك قطع حجارة كثيرة وجُمِع منها نحو ٢٠٠٠ قطعة وزن اكبرها ٨ ¾ ليبرات ولا يسعنا المقام ذكر كل ما نقيد من حوادث مثل هذه وصار معروفًا من هذه الحجارة ٤٢١ مختلفة الوزن بين بعض الاواقي الى عدَّة قناطير ولا شك ان الساقطة اكثر مما ذُكِر كثيرًا لان بعضها يسقط في البحر وبعضها في المفازات المنقطعة

(٣٣٤) ولنا تاريخ ٢٠٦ من هذه الحجارة وكان تفريقها على اشهر السنة كما ياتي

كٓ	١٤		تموز	٣٢	
شباط	١٠		آب	١٦	
اذار	٢٢	= ٩٩	ايلول	١٧	= ١٠٧
نيسان	١٥		تٓ	١٨	
ايار	٣٠		تٓ	٣٠	
حزيران	١٨		كٓ	١٤	

فيتضح من هذه النتيجة ان المعدل الشهري بين كٓ الى حزيران = ١٦ وبين تموز وتٓ = ١٨ ومعظم سقوطها في اذار وايار وتموز وتٓ وانهُ يصيب الارض منها من مرورها بين نقطة الذنب الى نقطة الراس اكثر مما يصيبها في مرورها من نقطة الراس الى نقطة الذنب

ومن حل هذه الحجارة ظهر ان فيها من الفلزات

(١) حديد	(٥) نحاس	(٩) مغنيسيوم	(١٣) سترونتيوم
(٢) الومنيوم	(٦) كوبلت	(١٠) نكل	(١٤) قصدير
(٣) كلسيوم	(٧) ليثيوم	(١١) بوتاسيوم	(١٥) تيتانيوم
(٤) كروميوم	(٨) منغنيس	(١٢) صوديوم	(١٦) رصاص

ومن الشبيهات بالفلزات

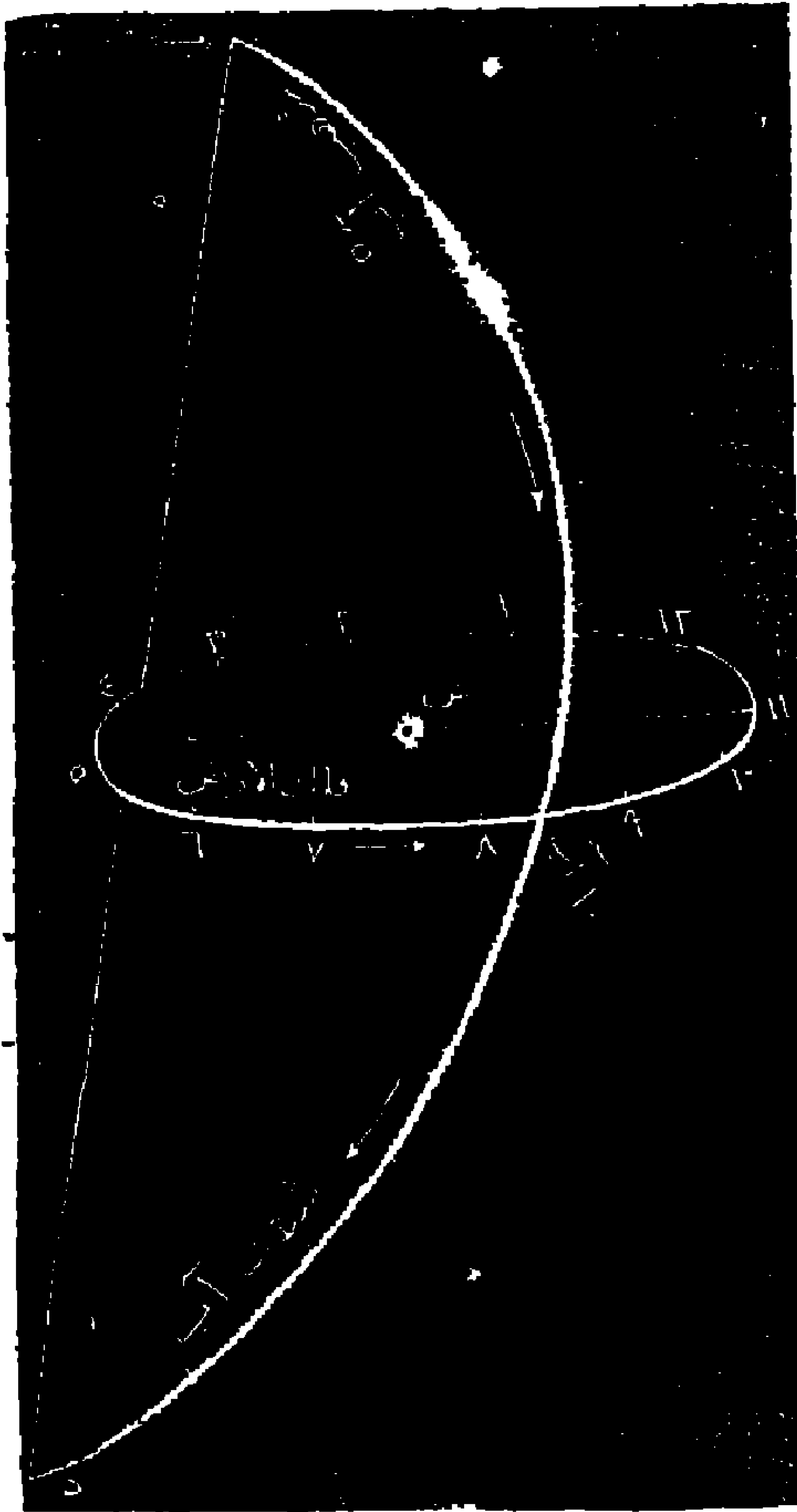
(١) اكسجين (٥) كبريت

(٢) كربون (٦) زرنيخ

(٣) فصفور (٧) كلور

(٤) سلسيوم (٨) هيدروجين

وثقلها النوعي مختلف بين ٧٠،١ و٨،٧ وسرعتها قد تبلغ ١٦٦ ميلاً في الدقيقة وقد بلغ سرعة بعضها ١٠٧ اميال في الثانية وارتفاعها بين ٤٠ ميلاً و١٠٠ ميل وفيها مركب من الحديد والنكل والفصفور سُمّي شَرَيْبَرْسَيت لم يوجد في غيرها



شكل ١٤٣

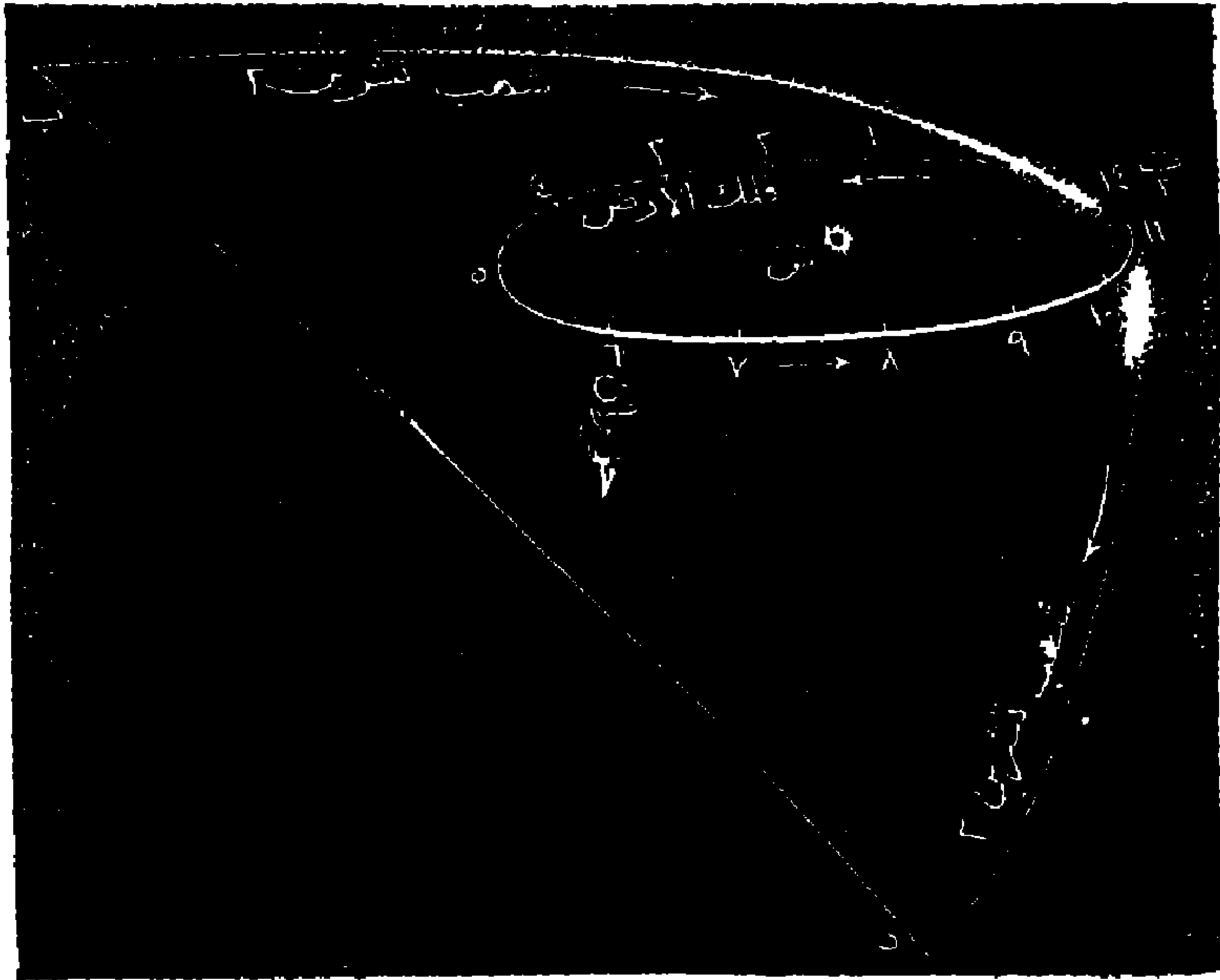
(٢) اما الشهب فيُرى منها البعض كل ليلة ولكنها تكثر في اوقات ومعظمها نحو الساعة ٦ صباحاً واقلها نحو الساعة ٦ مساءً والمعدل نحو نصف الليل وتكثر في بعضها الشهور دون بعض وهي بين تموز وك ١ اكثرها هي بين ك ١ وتموز وفي نصف السنة الاوَّل اكثرها في اذار ونيسان وفي النصف الثاني اكثرها في آب وت ٢ اي بين ٩ و ١١ آب وبين ١٢ و١٤ ت ٢ وطولها يختلف بين ١٠ اميال و٤٠٠ ميل ومعدل سرعتها نحو ٣٠ ميلاً كل ثانية فالحرارة المولدة من توقيف شهاب سرعتهُ ٣٠ ميلاً كل ثانية ترفع حرارتهُ ٤٠٠٠٠٠٠° ف الشهب الظاهرة بين ١١ و١٤ ت ٢ ترسم اقواس دوائر عظيمة وتتفرع بالظاهر من γ الاسد والظاهرة بين ٩ و ١١ آب تتفرع من B الزرافة او من صورة فرساوس

(٣٣٥) يُعلَّل عن هذه الظواهر بوجود حلقات من مادة عالمية قطعها صغيرة الجرم دائرة حول الشمس مختلفة الميل على دائرة البروج كما يتضح من (شكل ١٤٣)

ليكن ١ ٢ ٣ ٤ ٥ الخ فلك الارض وش الشمس و ب قوس حلقة مادة عالمية دائرة حول الشمس فنحو ١ آب تقرب الارض الى تلك الحلقة فتجذب الى نفسها بعض تلك القطع

فتسقط نحو الارض وتشعل في الجوّ على هيئة شهب او تسقط الى الارض على هيئة حجارة جوية ثم (شكل ١٤٣)

لبكن ب د حلقة اخرى ولتقرب اليها الارض بقرب ١٤ ت٢ فيحصل عند ذلك هطل الشهب المعتاد في ذلك الوقت



شكل ١٤٣

وبما ان هذه الشهب في ت٢ تكثر كل ٣٣ سنة فذاك على ان المادة المشار اليها مدّة دورانها ٣٣ سنة وبما ان العقدة تنتقل من الغرب الى الشرق كل سنة ١٠٢ " فتتاخر كل سنة عن سنة قليلاً . في سنة ١٦٩٨ ظهرت في ٩ ت٢ وفي ١٧٩٩ ظهرت ١٢ ت٢ وفي ١٨٦٦ و ١٨٦٧ ظهرت في ١٤ ت٢ وتكاثر سنتين متتابعتين

الراي الارجح الذي يُعلّل بهِ عن هذه الظواهر هو راي شيابارلي مدبر مرصد ميلان سابقًا والآن مدبر مرصد فيورنسا عوضًا عن المتوفي دوناتي الشهير وهو بالاختصار كما ياتي

ان السدام مؤلفة من مادة عالمية لم تتكاثف نحو المركز بعد حتى يتكون جرم سماوي حقيقي بل جواهرها لطيفة متفرقة ويُزعَم ان لتلك السدام حركة في الكون كما لشمسنا فقد يتفق ان بعضها تقع داخل حدود جاذبية شمسنا وهي تفعل في القسم المتقدم من السديم اكثر ما تفعل في المؤخر فما دام السّديم على بعد شاسع يبتدئ بخسر هيئتهُ الكروية فيتطاول الى ان يصير اصطوانة طويلة مقدمها اي الاقرب منها الى الشمس اكثف مما وراءهُ فيترأس المقدم ويبقى المؤخّر منفرشًا وكل ما قرب الى الشمس يتم هذا التحويل اكثر حتى يتنوّر الجزء المقدّم الاكثف بنور الشمس فيصير نواةً والقسم التابع

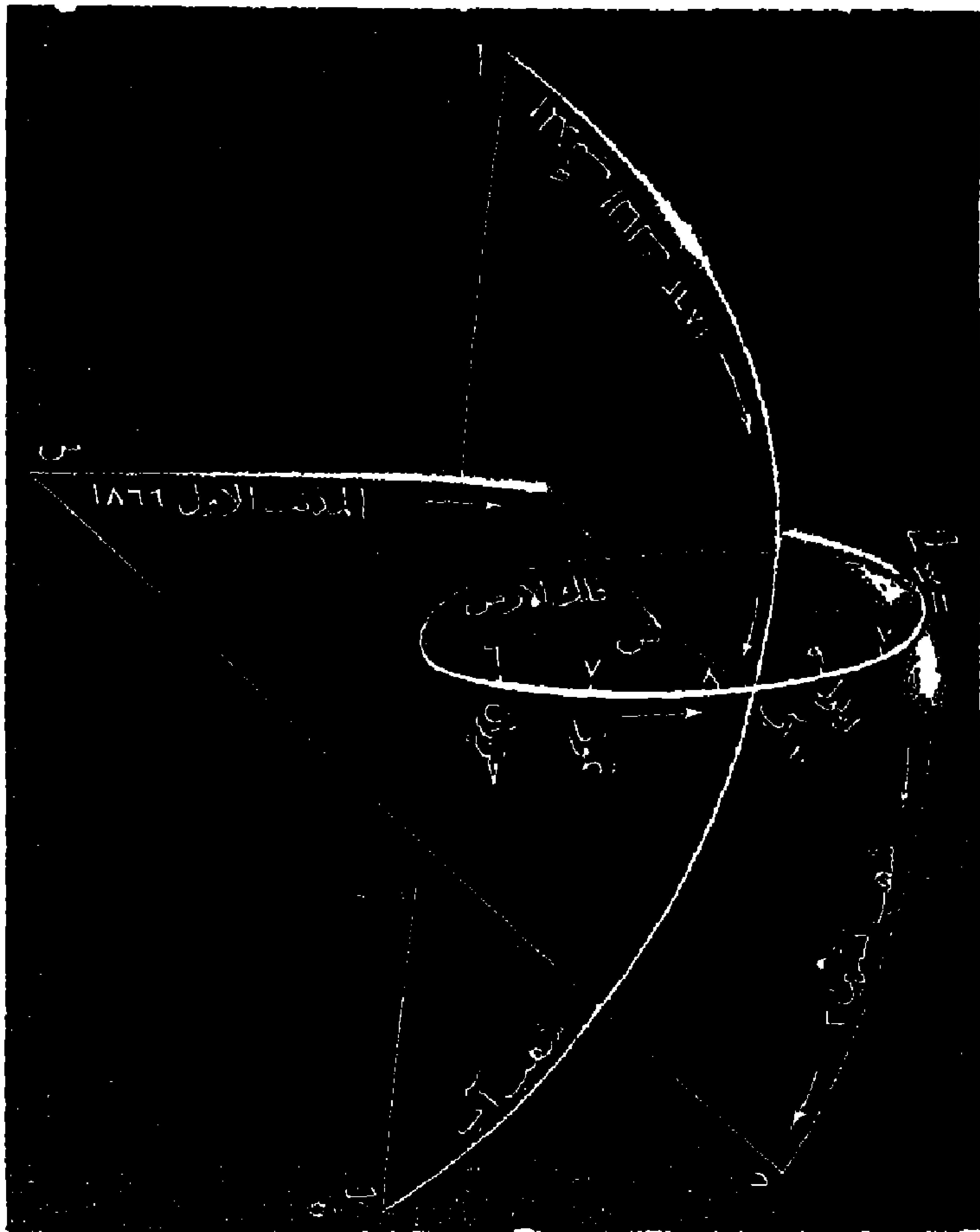
من الجهة المتقابلة جهة الشمس هو الذنب ويبقى منحنيًا بسبب حركة السديم كلهِ فيتكوّن من السديم الكروي نجم مذنّب يبقى داخل حدود النظام الشمسي او يتوه في فسحة الكون الى حيث لا يُدرَى وفلكهُ يتوقف على سرعة حركتهِ الاولى وبعدهِ عن الشمس وجهة حركتهِ فقد يكون شلجميًّا او هليلجيًّا او هذلوليًّا فان كان هليلجيًّا يبقى في النظام الشمسي ويدور حول الشمس في اوقات معينة وان كان شلجميًّا او هذلوليًّا فيظهر داخل حدود النظام الشمسي مرة ثم يذهب ولا يعود وبناء على ما تقدم يظهر ان افلاك النجوم المذنبة ممكن ان تميل على دائرة البروج اي ميل كان بين صفر و ٩٠° وان تكون حركاتها مستقيمة او مدبرة

وقد اوضح شياپارلي ايضًا ان هذا التغير في السديم لا ينتهي بتحويلهِ الى نجم مذنب بل كل جوهر منهُ لهُ حركة مستقلة فلا بد ان الراس او النواة اي الاقرب منهُ الى الشمس يكمل دورانهُ حولها قبل جواهر الذنب البعيدة فيتطاول اكثر فاكثر الى ان يصير حلقة تامة وعند ذلك تدور حول الشمس تلك الحلقة العريضة المؤلفة من مادة عالمية وعند اقتراب الارض اليها تجذب من تلك المادة اليها فيحصل هطل نيازك او شهب فان كان فلك النجم هليلجيًّا تكون حلقة هليلجية على قدر الفلك الاصلي وقد اوضح شياپارلي موافقة تامة بين نيازك آب وفلك المذنب الثالث لسنة ١٨٦٢ وموافقة نيازك ت ٢ بالمذنب الذي ظهر سنة ١٨٦٦ اي هذان المذنبان هما بقايا الحلقة النيزكية التي منها الشهب في الشهرين المذكورين

	نيازك ت ٢	مذنب ١٨٦٦
مدّة	٣٣,٢٥ سنة	٣٣,١٨ سنة
نصف القطر الاعظم	١٠,٣٤٠٢	١٠,٣٣٤٨
مباينة	٠,٩٠٤٧	٠,٩٠٥٤
بعد نقطة الراس	٩٨٥٥	٠,٩٧٦٥
ميل	١٦° ٤٦′	١٧° ١٨′
طول العقدة	٥١° ٢٨′	٥١° ٢٦′
طول نقطة الراس	٥٨° ١٩′	٦٠° ٢٨′
جهة الحركة	مدبرة	مدبرة

فتنتج ان مذنب ١٨٦٦ هو واحد من نيازك ت ٢ وهكذا يتضح ان المذنّب الثالث لسنة ١٨٦٢ انما هو واحدٌ من نيازك اب

	نيازك آب	مذنب ١٨٦٢ الثالث
طول نقطة الراس	٣٤٣° ٢٨'	٣٤٤° ٤١'
" العقدة	١٣٨° ١٦'	١٣٧° ٣٠'
ميل	٦٤° ٠'	٦٦° ٢٦'
بعد نقطة الراس	٩٦٤٣°	٩٦٢٦°
مدة		١٢١°٥ سنة
جهة الحركة	مدبرة	مدبرة



شكل ١٤٤

قطر هذه الحلقة نحو ١٠٩٤٨٠٠٠٠ او هطل النيازك في آب يدوم نحو ست ساعات وحركة الارض ١٨ ميلاً كل ثانية فيكون غلظها عند معبر الارض فيها ٤٠٤٣٥٦٠ ميلاً

لنفرض س د (شكل ١٤٤) قطعة حلقة مذنب ١٨٦٦ تمر بها الارض بقرب ع ا ث وا ب

قطعة من حلقة مذنب ١٨٦٢ تمر بها الارض بقرب ١٠ آب فهليجية آب نقطة الذنب منها هي خارج فلك اورانوس

(٢٣٦) لما عاد مذنب بيالا سنة ١٨٤٥ ظهر اولاً في ٢٨ من ت٢ على هيئة سحابية مستديرة متكاثفة قليلاً نحو مركزها وفي ١٩ ك١ كانت قد تطاولت وفي آخر الشهر انفصلت وصارت قطعتين مشيتا معاً مدة ٣ اشهر وفي ٣ اذار سنة ١٨٤٦ كان بينها ١٥٧٢٤٠ ميلاً ثم اختفى عن النظر ولما رجع سنة ١٨٥٢ كان بين القطعتين ١٢٥٠٠٠٠ ميل وفي ميعاده سنة ١٨٥٩ لم يُرَ ولا في ١٨٦٦ وفي ١٨٧٢ زعم پوغسن من مدراس انهُ رآهُ والامر تحت الشك هل ما رآهُ مذنب بيالا او مذنبٌ آخر

على راي لافريير دخل سديم الى حدود النظام الشمسي في ك٢ سنة ١٢٦ ب م ومن قربهِ الى اورانوس تحوَّل فلكهُ الى فلك هليلجي حول الشمس ومنهُ المذنب الذي كشفهُ تمل والذي منهُ نيازك ت٢ ومنذ ١٢١ سنة قد دار هذا السدام ٥٢ مرة بدون ان يُشعَر بوجودهِ الَّا من قِبَل النيازك الكثيرة الماطلة كل ٣٣ سنة في ت٢ ولم يُرَ على هيئة مذنب حتى سنة ١٨٦٦ . يدور في نحو ٣٣ سنة و٣ اشهر ويقطع فلك الارض عند اقترابهِ الى الشمس في اواخر ايلول ويتبعهُ كثير من الاجسام الصغار النيزكية على هيئة ذنب طويل تمر بهِ الارض نحو ١٣ او ١٤ ت٢

فضلاً عن نيازك آب وت٢ تشاهد بكثرة في اوقات أُخَر منها

ك٢ ٢	ص م ٢٣٤°	ميل ٥١° ش	مركزها بقرب	ξ الاكليل الشمالي
نيسان ٢٠	" ٢٧٧°	" ٣٥° "	" "	α النسر الواقع
تموز ٢٨ و٢٩	" ٣٠٤°	" ٤٠° "	" "	γ الدجاجة
ت١ ٢٤	" ٨٣°	" ١٣° "	" "	α الجبار
ك١ بين ٨ و١٢	" ١٠٥°	" ٣٠° "	" "	τ الجوزاء

من رصد النيازك من طرفي قاعدة طولها ٥٠٠٠٠ قدم قد حُسِب ارتفاع كثير منها فيختلف بين ١٦ ميلاً و١٤٠ ميلاً

زعم البعض ان واحدًا من هذه الاجرام قد صار تابعًا للارض اي قمرًا لهُ يدور حولها في ٣س ٢٠د على بعدٍ معدلهُ ٥٠٠٠ ميل

الجزء الثالث

في النجوم الثوابت والعناقيد والسدام



الفصل الاول

في النجوم الثوابت

(٤٢٧) ان الاجرام المتقدم ذكرها هي مختصة بالنظام الشمسي وبعد جواز ابعد السيارات تبقى مسافة لا تُدرَك قبل الوصول الى اقرب النجوم وكل نجم نراهُ في قبة السماء في ليل صافٍ هو شمس نورها ذاتي يضيء على عوالم ونظامات كما تضيء شمسنا على العوالم في نظامها وتلك الدراري تمتاز بالنظر المجرد عن السيارات بشكل نورها لان نور السيار ثابت اما الدراري فذَرَهْرَهَة كانها تقدح شرارات وتلك النجوم لها حركات في ساحة الكون غير انه على بعدها الشاسع لا تظهر الاّ على مضي قرون فتبقى على نسبة بعضها الى بعضها وضعاً ولذلك سُمّيت ثوابت تمييزاً بينها وبين السيارات

وتلك النجوم وان لم تكن لها حركة ذاتية تظهر متحركة قليلاً بسبب مبادرة الاعتدالين كما تقدم ذكرهُ (ع ١٨٣) بها يدور قطب خط الاستواء حول قطب دائرة البروج ونجم القطب الذي هو عن القطب الآن نحو ½ ١° يقرب اليه اكثر حتى يصير بينهما ½° ثم يبعد عنهُ ومنذ ٤٠٠٠ سنة كان النير الثاني من صورة التنين نجم القطب وبعد ١٢٠٠٠ سنة يكون النسر الواقع نجم القطب اي يكون بينهُ وبين القطب ٥° فقط وبينهما الآن ٥١° ٣٠′ والظاهر ان اهرام الجيزة بُنيت لما كان γ التنين نجم القطب لان الدهليز عند المدخل ينحدر على زاوية بين ٣٦° و٣٧° ويوازي الماجرة فلو وقف ناظر في اسفل الدهليز ونظر الى السماء لوقع بصرهُ ٣٧° او ٣٦° فوق الافق وذلك يوافق ارتفاع γ التنين عند تكبدهِ الاسفل في ذلك الوقت اي ٢١٢٣ ق م

(٤٢٨) بعض النجوم انور من البعض وقد انقسمت باعتبار نورها الى اقدار فانورها هي القدر الاوّل وما دونها قليلاً فمن القدر الثاني وما دون ذلك فمن القدر الثالث وهلمّ جرّاً الى ان تتلاشى

من ضعف نورها ولا يُرَى بالنظر المجرد ما دون القدر السادس وبواسطة النظارات القوية يُرَى ما على القدر العشرين ولو تقوت الآلات لمعونة البصر لظهر ما دون ذلك. اما النجوم الظاهرة للنظر المجرد فنحو ٦٠٠٠ اي



شكل ١٤٥ النور النسبي لاقدار النجوم الستة الاول

من القدر الاوّل	٣٠	من القدر الرابع	٣٠٠
" " الثاني	٤٠	" " الخامس	٩٥٠
" " الثالث	١٤٠	" " السادس	٤٤٥٠

اسماء النجوم من القدر الاوّل

(١) الشعرى اليمانية	(١١) الظليم اواخر النهر
(٢) η السفينة	(١٢) الدبران
(٣) سُهَيل	(١٣) β قنطوروس
(٤) α قنطوروس	(١٤) α الصليب
(٥) السماك الرامح	(١٥) قلب العقرب
(٦) رجل الجبار	(١٦) النسر الطائر
(٧) العيوق	(١٧) السماك الاعزل
(٨) النسر الواقع	(١٨) فم الحوت
(٩) الشعرى الشامية	(١٩) β الصليب
(١٠) ابط الجوزاء	(٢٠) β التوأمين اي بلوكس

اما الظاهرة للنظر المستعين بآلات البصر فلا تُعَدّ ولا تُحصَى وفي بعض اقسام المجرى يُرَى بواسطة نظارة متوسطة القوّة ربوات من النجوم في بقعة على قدر البدر. على قول اركلاندر مدير مرصد بون يُرَى من القدر السابع نحو ١٣٠٠٠ ومن القدر الثامن ٤٠٠٠٠ ومن القدر التاسع ١٤٢٠٠٠ والتي تُرَى بواسطة نظارة هرشل الكبيرة ٢٠٠٠٠٠٠٠

اما نور النجوم النسبي فعلى قياس سر يوحنا هرشل اذا حُسِب نور نجم من القدر السادس واحدًا فنور بقية الاقدار على ما ياتي

القدر السادس = ١	القدر الثالث = ١٢
" الخامس = ٣	" الثاني = ٣٥
" الرابع = ٦	" الأوّل = ١٠٠

(٢٣٩) كل سيار يُرَى له بواسطة نظارة قوية قرصٌ اما الثوابت فلا يُرَى لها قرص مهما تقوّت النظارات وذلك لان زاوية البصر تتلاشى قبل الانتهاء الى النجم بمسافة بعيدة ولا يُرَى قرص الّا اذا كانت زاوية البصر على قدر قابل القياس فلا يبقى غير نقطة نيرة وملاشاة النور متوقف على شدته فشدة نور الثوابت كافية للوصول الينا من مسافات تتلاشى بها زاوية البصر وربما يتضح هذا المعنى من شكل ١٤٦

شكل ١٤٦

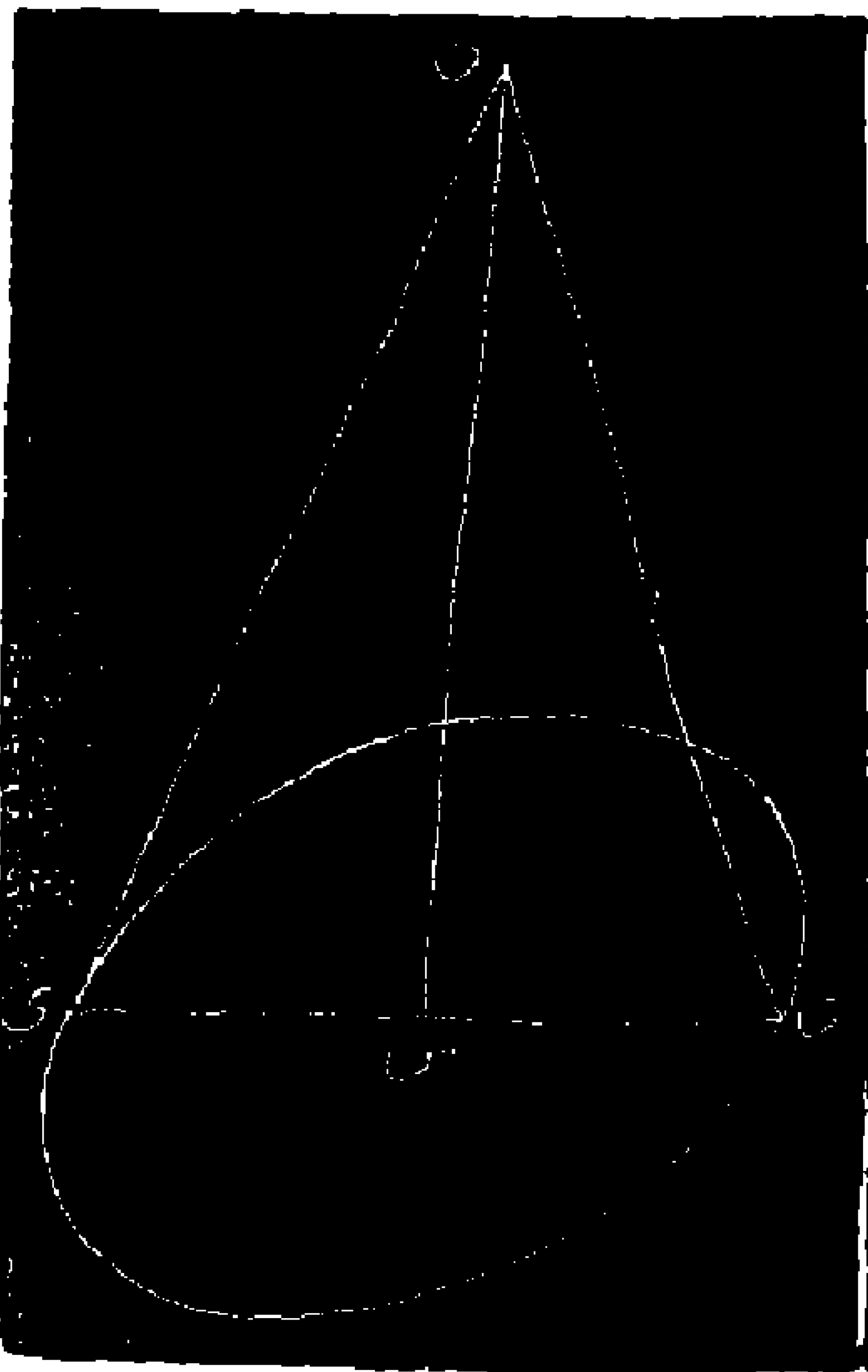
ليكن ٥ ٦ جسمًا على بعد ا ب فاذا نُقِل الى س يصير جرمهُ الظاهر ا ٣ واذا نُقِل الى د يصير جرمهُ الظاهر ٣ ٤ وهكذا حتى يتلاشى جرمهُ الظاهر وتبقى نقطة نيرة فقط وفضلاً عن ذلك كثير من الشعاع التي دخلت العين والشيء عند ب تمر خارجها متى نُقِل الى س مثل ٧ ١٢ و ٨ ١٣ واكثر اذا نُقِل الى د مثل ٩ ١٤ و ١٠ ١١ فكل الشعاع بين ا ١٠ ١١ و ا ٩ ١٤ تمر خارج العين فلا تعين على رؤية الشيء فلا ينتهي الينا الا شعاع متوازية ولا تصور له النظارة صورة في محترقها فيُرَى بشدّة نوره ولا بزاوية شعاعه

(٢٤٠) قد حسب سر يوحنا هرشل ان نور الشعرى اليمانية انور الثوابت = ٣٢٤ مثل نور نجم من القدر السادس وقد وجد الدكتور ولستون بالامتحان ان نور الشمس ٢٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠ مثل نور الشعرى اليمانية فلكي تصير شمسنا على قدر الشعرى اليمانية يقتضي ان تبعد عنا ١٣٤٢٣٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠ ميل وقد تحقق ان الشعرى ابعد من ذلك كثيرًا كما ستعلم فلو بعدت شمسنا عنا الى بعد الشعرى لظهرت على هيئة نجم دون القدر المئة

(٢٤١) ان الاختلاف بين النجوم نورًا ناتج اما عن اختلافها بعدًا اذا كانت على قدر واحد واما من العلتين معًا . اذا فرضنا المفروض الثاني وان نور نجم على قدر مفروض هو نصف نور نجم من القدر الاكبر الذي يليهِ يكون نجم من القدر السادس عشر على ٢٦٢ مثل بعد نجم من القدر الاوّل واذ قد ظهر ان نجمًا من القدر الاوّل بعدهُ يعدل ٩٨٦٠٠٠ مثل نصف قطر فلك الارض السنوي يكون بعد نجم من القدر السادس عشر ٢٣ ٦٣٤ ٣٩٣ ٠٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠ ميل اي النور على سرعة ١٨٤٠٠٠ ميل كل ثانية يقتضي له ٥٦٣٠٠ سنة لكي ينتهي الينا من نجم على القدر السادس عشر

(٢٤٢) اختلاف نجم السنوي هو الزاوية عند النجم التي يقابلها قطر فلك الارض وهي اصغر من ان تقاس اي كل فلك الارض عند اقرب الثوابت نقطة فقط . واذا كان لنجم اختلاف سنوي يُشعَر بهِ فحركة النجم بسبب ذلك الاختلاف تتوقف على موقعهِ فان كان موقعهُ في سطح دائرة البروج يتحرك على خط مستقيم متقدمًا ومدبرًا مرة كل سنة ويظهر ثابتًا في فصلين متقابلين من السنة اي عند ما يتوجه الارض اليهِ وعند ذهابها عنهُ واذا رُسِم لفلك الارض قطرٌ بين النقطتين المشار اليهما اي نقطتَي وقوف النجم برسم النجم خطًّا يوازيهِ وحركتهُ عكس حركة الارض

وان كان موقع النجم قطب دائرة البروج وظهر له اختلاف سنوي يُشعَر بهِ كانت حركتهُ في فلك يوازي فلك الارض ويشبههُ اي يسوغ ان يُحسَب دائرةً مركزها موقع النجم منظورًا اليهِ من الشمس ويكون موقع النجم الظاهر وموقع الارض الحقيقي متقابلين واذا كان موقعهُ بين سطح دائرة البروج وقطبها يتحرك في هليلجي نسبة قطرها الى منضمهِ متوقفة على عرض النجم



شكل ١٤٧

(٢٤٣) لنفرض ي يَ (شكل ١٤٧) قطر فلك الارض ون نجمًا فالزاوية ي ن يَ هي مضاعف الاختلاف السنوي ي ن ش و $٣٦٠^\circ = ١٢٩٦٠٠٠''$ ونسبة

$١٤١٦^\circ ٣ : \frac{١}{٢}ق :: ١٢٩٦٠٠٠'' : ٢٠٦٢٦٥'' = \frac{١}{٢}ق$

في ثواني وان فرضنا ر = $\frac{١}{٢}$ قطر فلك الارض ود بعد النجم وخ الاختلاف فلنا

$$د = ر \times \frac{٢٠٦٢٦٥}{خ} \qquad (٥٩)$$

فان كان خ ١" يكون بعد النجم ٢٠٦٢٦٥ مرة بعد الشمس عن الارض ولم يتحقق لنجم اختلاف ١" فلا يمكن ان يكون بين الارض واقرب الثوابت اقل من ٢٠٦٢٦٥ مرة بعد الشمس اي

د = ٢٠٦٢٦٥ × ٩١٤٣٠٠٠٠ = ١٨ ٨٥٨ ٨٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠ ميل

اقسم على ١٨٤٠٠٠ اي سرعة النور كل ثانية يخرج في ثواني مدّة مرور النور الى الارض من نجم اختلافة ١" اي ١١٢ ٣٢ ٣ سنين او ٣ سنين و٤٠ يومًا

واذا فرضنا المسافة التي يقطعها النور في سنةٍ واحدًا اي = د لنا

$$د = \frac{٣٫١١٢}{ح} \qquad (٦٠)$$

وعلى افتراض الاختلاف ٠٫١" يقتضي للنور ٣١ ١١٢ ٣ سنة لكي يصل من النجم الى الارض

(٣٤٤) قد اعتنى علماء الهيئة باستعلام اختلاف سنوي للثوابت كل الاعتناء واوّل من نجح في ذلك بسّل من كونجسبرج ولم يكن ذلك حتى بعد التدقيق الكلي في اصطناع آلات لقياس الزوايا الصغار وقد بلغت مهارة الصناع الى اصطناع مقياسات نقيس جزءًا صغيرًا من ثانية واحدة فلو افترق نجم عن نجم بحيث يقتضي ١٠٠٠٠٠٠ سنة لكي يكمل دورة واحدة لكُشِفت تلك الحركة في نصف سنة

فاخترع بسّل آلة سماها هيليو متر واكلها عملًا فراونهوفر من مونخ واخذ برصد نجمًا مزدوجًا معروفًا تحت اسم ٦١ الدجاجة وقاس كل ليلة من وسط خط موصل بين النجمين الى نجمين صغيرين بالقرب وذلك من اواسط آب سنة ١٨٣٧ الى اواخر ايلول سنة ١٨٣٨ ثم اصلح رصود السنة لكل خطاء ممكن ان يحصل فيها ووجد اختلافًا صغيرًا جدًّا فلم يرضَ ان يشهر ما كشفهُ بل رصد سنة اخرى فخرج الاختلاف كالاوّل ثم رصد سنة ثالثة وخرج كالاوّل فتحقق صحة العمل واعلن فيلسوف كونجسبرج للعالم انهُ قد اسبر غور المسافة بيننا وبين اقرب الثوابت وكان اختلاف النجم المشار اليهِ اي ٦١ الدجاجة ٠٫٣٤٨ بالتعويض في معادلة (٦٠) لنا

$$د = \frac{٣٫١١٢}{٠٫٣٤٦} = ٩ \text{ تقريبًا}$$

غير انهُ قد تحقق لهذا النجم اختلاف اعظم قليلًا مما وجدهُ بسّل كما ستقف عليهِ

(٣٤٥) قد استخدم علماء الهيئة طريقتين لاستعلام اختلاف الثوابت السنوي

(١) يقاس صعودها المستقيم وميلها بالتدقيق الكلي كل يوم وهي على الهاجرة ويُصلَح كل رصد للانكسار والكبو والانحراف والحركة الحقيقية وذلك على مدار سنة فيعلم معظم البعد بين مواقعهِ في سنة وذلك مضاعف الاختلاف السنوي

(٢) طريقة بسّل المشار اليهِ انفًا اي يختار نجمان احدهما بقرب الآخر الواحد لهُ حركة خصوصية والآخر ليست لهُ حركة خصوصية ويقاس البعد بينهما بالهيليومتر او المكرومتر فيوضع مواضيع الخط الموصل بين مركزيهما مدة السنة وبعد الاصلاح للحركة الخصوصية برسم ما تقدم فلك

النجم السنوي فيكون القطر الاعظم مضاعف الاختلاف . وهذه الطريقة افضل من الاولى لان النجمين لقرب احدهما الى الآخر ينفعل بهما الكبو والانحراف والانكسار على حدٍّ سوى ويُفرَض فيه أن النجم الثابت ظاهرًا هو ثابت حقيقةً او انهُ ابعد من الآخر كثيرًا فلا تظهر له حركة بتةً وعلى الطريق الاوَّل استعلم هندرسن اختلاف α قنطوروس ٠٫٩١٢" واستعلم بسّل اختلاف ٦١ الدجاجة ٠٫٣٤٨" كما تقدم

الى الآن لم يُعرَف اختلاف سنوي الّا لاثني عشر نجمًا كما في هذه القائمة غير انها مبنية على اختلاف الشمس الافقي القديم وعلى سرعة النور بموجب الحساب القديم

اسم النجم	اختلاف	بعد الشمس ١	حركة النور السنوي = ١	الراصد
α قنطوروس	٠٫٩١٨٧"	٢٢٤٠٠٠	٣٫٥٣	مكلير
٦١ الدجاجة	٠٫٥٦٣٨	٣٦٦٠٠٠	٥٫٧٧	أورزن
٢١٢٥٨ لالاند	٠٫٢٧٠٩	٧٦١٠٠٠	١٢٫٠١	"
١٧٤١٥ اولتزن	٠٫٢٤٧	٨٣٥٠٠٠	١٣٫٠٩	كريجر
١٨٣٠ كرومبردج	٠٫٢٢٦	٩١٢٠٠٠	١٤٫٣١	پيترس
٧٠ الشجاع	٠٫١٦	١٢٨٦٠٠٠	٢٠٫٣١	كريجر
α النسر الواقع	٠٫١٥٥	١٣٣٧٠٠٠	٢٠٫٨٦	ستروف الاوَّل والثاني
الشعرى اليمانية	٠٫١٥٠	١٣٧٥٠٠٠	٢١٫٥٦	هندرسن وپيترس
ℓ الدب الاكبر	٠٫١٣٣	١٥٥٠٠٠٠	٢٤٫٣١	پيترس
السماك الرامح	٠٫١٢٧	١٦٢٤٠٠٠	٢٥٫٤٦	"
القطب	٠٫٠٦٧	٣٠٧٨٠٠٠	٤٨٫٣٦	"
العيوق	٠٫٠٤٦	٤٤٨٤٠٠٠	٧٠٫٣٠	"

لاجل المقابلة بين هذه الابعاد المهولة والنظام الشمسي ليُرسَم فلكٌ لنپتون نصف قطره ٣٠ قدمًا فيكون بعد α قنطوروس ٤٠ ميلاً وبعد ٦١ الدجاجة ١١٠ اميال وقس على ذلك اما بقية النجوم التي لم يُعرَف لها اختلاف سنوي فهي ابعد مما ذُكِر كثيرًا

(٣٤٦) قد قابل بعضهم بين نور α قنطوروس ونور القمر وبعد المقابلة ١١ مرة قد حُسِب نور القمر اكثر من نور النجم المشار اليهِ على نسبة ٢٧٤٠٨ : ١ وقد وجد ولستون ان نور الشمس الى نور القمر ٨٠١٠٧٣ : ١ فيكون نور الشمس الى نور α قنطوروس الواصل الينا :: ٢١٩٥٥٠٠٠٠٠٠٠ : ١ والنور بالقلب كمربع البعد فيكون نور النجم المشار اليهِ الذاتي اي α قنطوروس الى نور الشمس الذاتي

:: ٢٣٨٥٤ ٢^٠ : ١* ونور الشعرى اليمانية اربعة اضعاف نور α قنطوروس واختلافها ١٥٠^٠." فيكون نور الشعرى ٧ ١٢٧^٠ مرة نور شمسنا+ فلو بعدت الشمس الى بعد اقرب السيارات لكان قطرها $\frac{١}{١٣٠}$" فقط ونورها $\frac{١}{١٢٨}$ من نور الشعرى الآن

(٢٤٧) لاجل تسهيل تعيين مواقع النجوم قد انقسمت الى صوَر فصور الابراج قد مضى ذكرها (صحيفة ٤) وهي

الحمل	الثور	الجوزاء او التوأمين	السرطان	الاسد	السنبلة
الميزان	العقرب	الرامي	الجدي	الدلو	الحوتين

اما الصور الواقعة الى شمالي صور الابراج فهي

الدب الاكبر	ماسك الاعنة	الدجاجة
الدب الاصغر	الاسد الاصغر	الثعلب
التنين	السلاقيان	النسر الطائر او العقاب
قيفاوس	شعر برنيشي	انتينووس
ذات الكرسي	العوّاء	دلفينوس
الزرافة	الفكة او الاكليل الشمالي	السهم
المرأة المسلسلة	الجاثي	الفرس
فرساوس	الشلياق	قطعة الفرس
المثلثان		الحوّاء

اما الصور الى جنوبي صور الابراج فهي

قيطوس	الذئب	الصليب	الغراب
الجبار	وحيد القرن	السفينة	النهر
الارنب	الكلب الاكبر	الحية او الشجاع	الحوت الجنوبي
قنطوروس	الكلب الاصغر	الكاس	المجمرة
			الاكليل الجنوبي

* حاشية. هو ٢٣٤٠٠٠ مرة بعد الشمس و (٢٤٤٠٠٠)^٢ = ٥٠ ١٧٦ ٠٠٠ ٠٠٠ وهذه الكمية مقسومة على ٠٠٠ ٠٠٠ ٩٥٥ ٢١ = ٣٨٥٤ ٢^٠

+ ٠٠٠ ٠٠٠ ٢١٩٥٥ + (٤^٢) = ١٢٧٢١٨٧٥٠٠ وهو عنا ١٢٧٥٠٠٠ مرة بعد الشمس و (١٢٧٥٠٠٠)^٢ = ٠٠٠ ٠٠٠ ١٨٩٠٦٢٥ + ١٢٧٢١٨٧٥٠٠ = + ٧ ١٢٧^٠

(٢٤٨) نجوم صورة تتعين بالاحرف الابجدية اليونانية اي الانور α وما دونه β والثالث γ وهلمّ جرًّا وان لم تكف هذه الاحرف لعدد النجوم في صورةٍ تستخدم الاحرف الرومانية وان لم تكف ايضًا فالاعداد الطبيعية وقد اصطُنعت قوائم كثيرة للنجوم الثوابت يتعين بها صعودها المستقيم وميلها ومن اقدم تلك القوائم قائمة هبرخوس فيها ١٠٢٢ من انور النجوم وقائمة بطلميوس وقائمة نصير الدين الطوسي سنة ٦٦٠ للهجرة توافق ١٢٦١ مسيحية في عصر الخليفة المستعصم سماهُ الزيج الخاني وقائمة أُلغ بيك حفيد تيمور صُنع في سمرقند سنة ٨٥٣ للهجرة توافق ١٤٤٩ مسيحية وقائمة عبد الرحمن الصوفي وفي هذه القوائم ذكر عرض النجوم وطولها اما قائمة محمد التيزيني موقت الجامع الاموي في دمشق الشام المصطنعة في ٩٤٠ للهجرة الموافق ١٥٣٣ مسيحية ففيها مطالع النجوم وميلها والمطالع محسوبة من اوّل الجدي ومن القوائم الحديثة المعتمد عليها قوائم كرينويج وقائمة الجمعية البريطانية وقوائم أُخر كثيرة كما سيأتي في محلهِ في القسم الثاني من هذا المؤلف اي العملي ان شاء الله

اما كيفية معرفة الصور ونجومها فراجع فيهِ كتابي في تخطيط السماء لان هذا المقام لا يسع ذكر كل ما يلزم لذلك

وعدد النجوم في الصور يختلف حسب قوّة البصر او النظارة

فقد عد	بطلميوس	تيخو براهي	هفل	فلمستيد	بود
في الحمل	١٨	٢١	٢٧	٦٦	١٤٨
الدب الاكبر	٣٥	٥٦	٧٣	٨٧	٢٣٨
العوّاء	٢٣	٢٨	٥٣	٥٤	٣١٩
الاسد	٣٥	٤٠	٥٠	٩٥	٣٢٧
السنبلة	٣٣	٣٩	٥٠	١١٠	٤١١
الثور	٤٤	٤٣	٥١	١٤١	٣٩٤
الجبار	٣٨	٦٣	٦٣	٧٨	٣٠٤

وقد عُدَّ في معيّن الجبار فقط اكثر من ٢٠٠٠ نجم

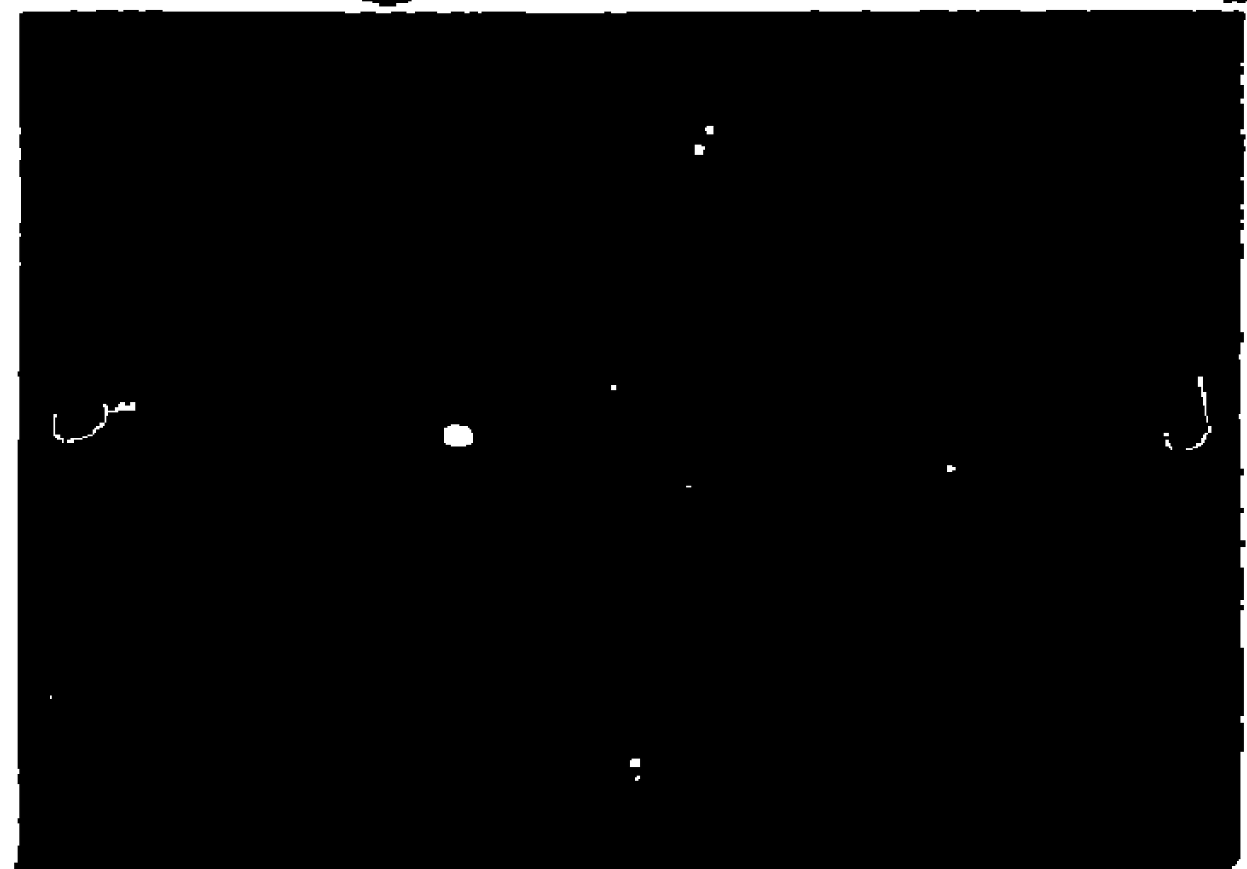
ان درس الصور يستلزم وجود كرة سماوية جيدة او اطلس النجوم او مرشد يرشد المبتدئ الى معرفة الصور شفاهًا ولا غنى عن ذلك لمن يرغب التقدم في هذا الفن

الفصل الثاني

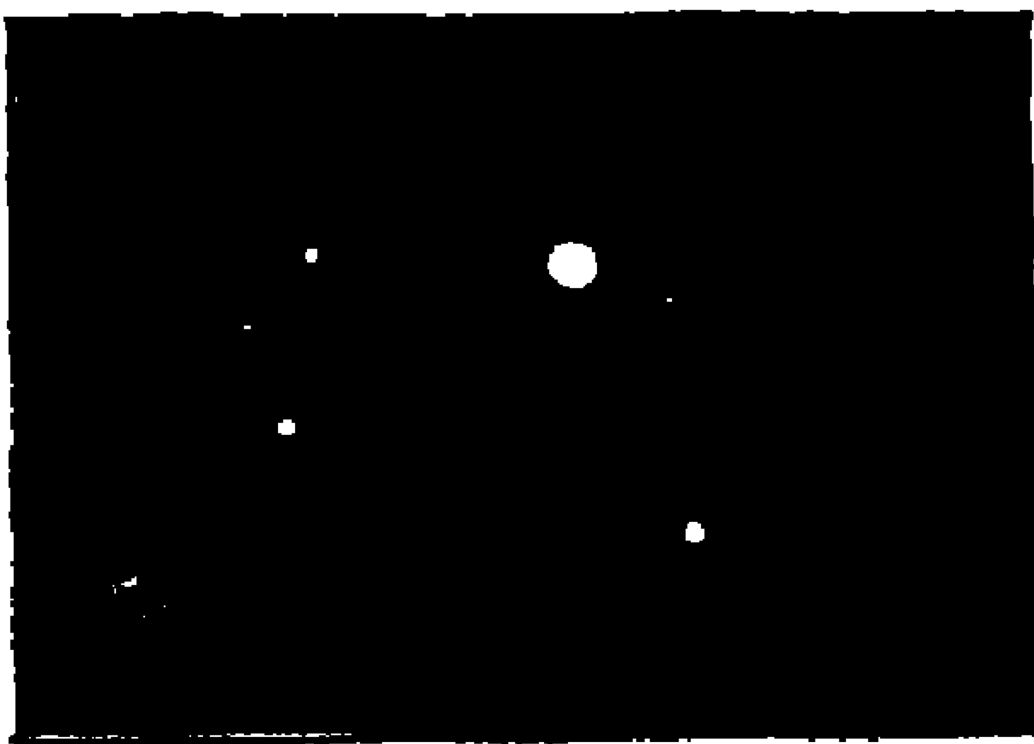
في النجوم المزدوجة والمتعدّدة

(٣٤٩) للنظر المجرد كل النجوم مفردة وبواسطة آلات معونة البصر يُرَى كثيرًا منها مزدوجة او متعددة ولما شرع سر وليم هرشل بالتفتيش على نجوم مزدوجة بواسطة نظارتهِ الكبيرة سنة ١٧٨٠ عُرِف منها اربعة فقط ولكنهُ بمدَّة وجيزة كشف عن ٥٠٠ نجم مزدوج وقيد مواقعها وبعد زمانهِ كشف سر يوحنا هرشل وستروف عن نجوم كثيرة من هذا النوع فبلغ عدد المعروفة منها نحو ٦٠٠٠ نجم بعضها ظاهرة للنظارات الاعتيادية والبعض لا يُرَى مزدوجًا الَّا بواسطة اقوى النظارات وفي المضافات الى آخر هذا الكتاب قائمة بعض النجوم من هذا النوع

(٣٥٠) اذا وقع نجمان على استقامة واحدة اي على خط واحد تقريبًا يظهران للنظر نجمًا واحدًا مزدوجًا مع وجود مسافة طويلة بينهما وبدون تعلق بينهما مطلقًا وذلك النجم ليس بمزدوج حقيقي بل سُمّي مزدوجًا بصريًا واذا كان بين النجمين تعلق بحيث يتحرك الواحد حول الآخر فهو نجم مزدوج حقيقي وقد كشف هرشل في مدة ٢٥ سنة عن ٥٠ نجمًا من هذا النوع ومنذ ايامهِ زاد عدد المعروفة منها حتى بلغ الآن الى ما ينيف على ٦٠٠ نجم مزدوج حقيقي والذي من هذا النوع سُمّي ثنائيًا تمييزًا بينهُ وبين المزدوج البصري



شكل ١٤٨ ε١ و ε٢ الشلياق والثلثة الضعف

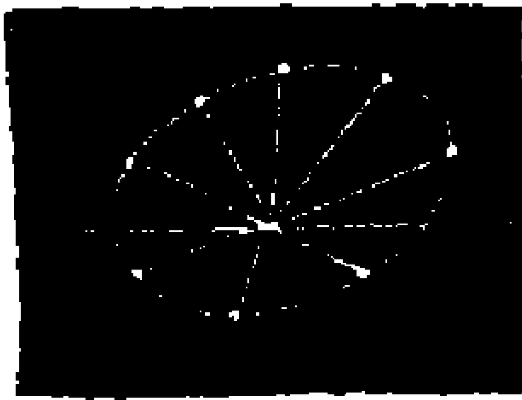


شكل ١٤٩ θ الجبار



شكل ١٥٠ ζ السرطان ١١ وحيد القرن λ الحواء ٣٩ التنين γ الاسد كستور

(٢٥١) من هذه النجوم الثنائية α التوأمين اي كستور و γ الاسد و ٣٩ التنين (شكل ١٥٠) و ٨ الحوّاء وبرصد نجم من هذه النجوم على مدة وقياس البعد بين نجميهِ وزاوية الوضع بينهما يتعيَّن لهما فلك كما في شكل ١٥١ ونحسب مدتها ومثال ذلك ايضاً شكل ١٥٢ اي وضع نجمي γ السنبلة من سنة ١٨٢٧ الى سنة ١٨٦٠



شكل ١٥١

مدة كستور ٢٥٢٫٦ سنة ومدة γ الاسد ١٢٠٠ سنة ومدة γ السنبلة ١٨٢٫١ سنة

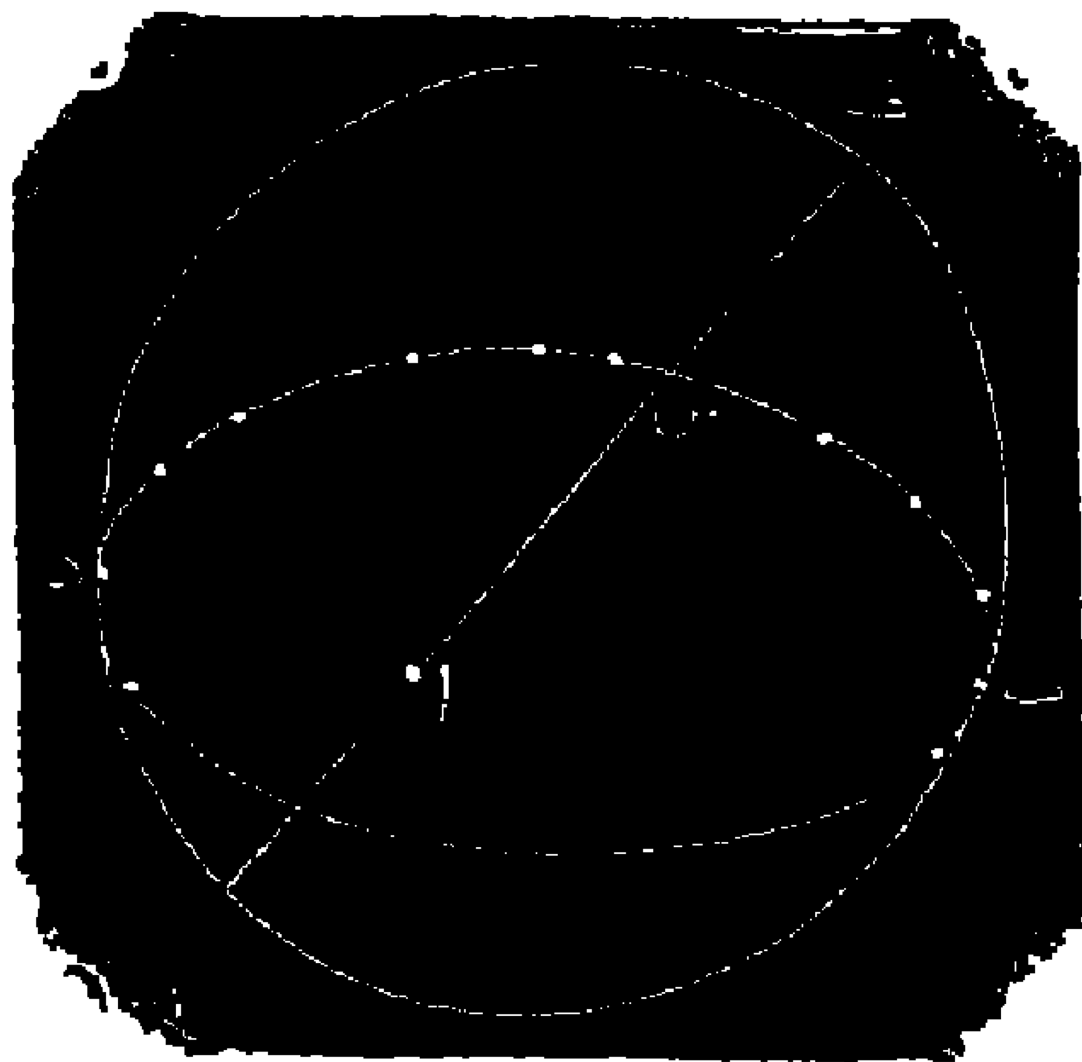
انظر قائمة النجوم الثنائية في المضافات

γ السنبلة شكل ١٥٢

(٢٥٢) بناء على الزاوية بين النجمين قد قسم ستروف النجوم المزدوجة والثنائية الى ثمانية رتب

١	بينهما اقل من ١″	٥	بينهما زاوية بين ٨″ و ١٢″
٢	" زاوية بين ١″ و ٢″	٦	" " " ١٢ و ١٦
٣	" " " ٢ و ٤	٧	" " " ١٦ و ٢٤
٤	" " " ٤ و ٨	٨	" " " ٢٤ و ٣٢

قد لا يكون فلك النجم عموديًّا على خط النظر فان كان مائلاً عليهِ يكون ملقاهُ في قبة السماء هليلجيًّا وتكون المباينة الظاهرة خلاف المباينة الحقيقية ويظهر النجم المركزي انهُ ليس في المحترق غير ان الفلك الحقيقي يستعلم من النظري بواسطة وضع النجم المركزي فلو كان سطح فلك نجم ثنائي عموديًّا على خط النظر لتحرك النجم الواحد على خط مستقيم مارًّا على الآخر



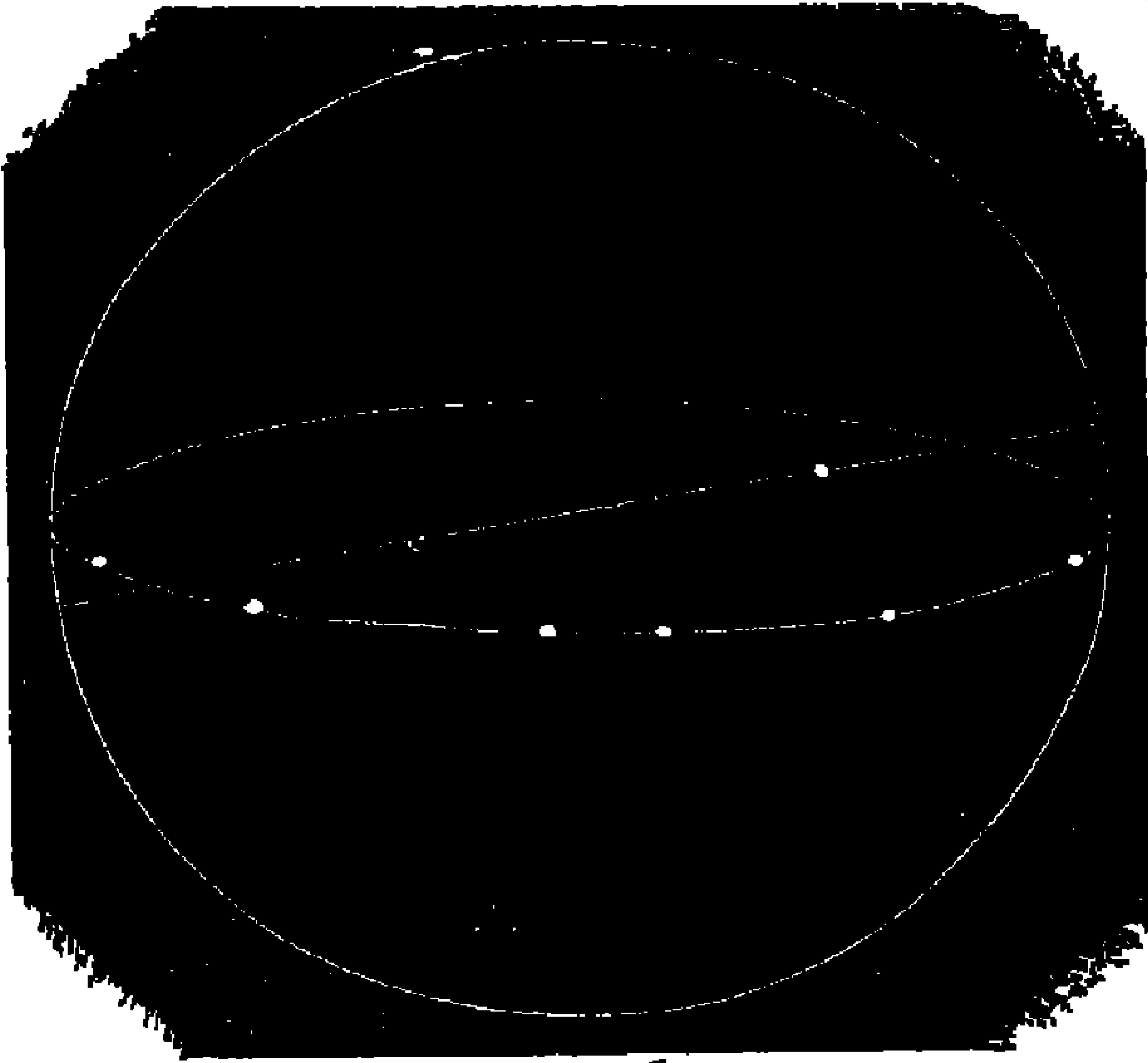
شكل ١٥٣

ليكن الهليلجي ب س د (شكل ١٥٣) فلك ξ الدب الاكبر الظاهر والنجم المركزي عند ا فالفلك الحقيقي الذي ا محترقهُ هو ب د ف

وفلك α قنطوروس مطاول اكثر من ذلك (شكل ١٥٤) لانهُ مائل اكثر على خط البصر وقد تقدمت (شكل ١٥٣) هيئة فلك γ السنبلة

وفلكهُ الحقيقي مطاول اكثر من ذلك

اقصر مدّات النجوم الثنائية مدّة ζ الجاثي اي ٣٦,٢ سنة ومدة α قنطوروس محسوبة ٧٥,٣ سنة غير انهُ لم يكمل دورة واحدة منذ اكتشافهِ



شكل ١٥٤

(٣٥٣) مساحة افلاك النجوم الثنائية تُعرَف اذا عُرِف اختلافها وبعدها وقد تقدم ذاك من جهة α قنطوروس و٦١ الدجاجة فيستعلم معدَّل القطر الحامل من طول قطر الهليجي الاطول وهو في α قنطوروس ٣٠″ وبعدهُ عن الارض كما تقدم

٢٢٤٠٠٠ × ٩١٤٣٠٠٠٠ =

٢٠٤٨٠٣٢٠٠٠٠٠٠٠ =

و½ق : ج ١٥″ :: ٠٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠ ٣٢٠ ٢٠٤٨٠ : ٠٠٠ ١٤٨٩٤٠٠ ميل

اي ١٧ مرة بعد الشمس عن الارض

(٣٥٤) استعلام مادة النجوم الثنائية . اذا عُرِفت مداتها والمسافة بين نجميها تحسَب مادة النجم المركزي

م ∝ د٣/و٢ (ع٢١٦)

فلنا في α قنطوروس على افتراض بعد الشمس عن الارض واحدًا ومدّة الارض واحدًا

م = ٣١٧/٣٧٥ = ٠,٨٧

اي مادة نجم واحد من نجمي α قنطوروس هو نحو ٨/١٠ مادة الشمس

(٣٥٥) من النجوم المزدوجة ازدواجًا بصريًّا

	قدر	بينهما
النسر الواقع	١ و١١	٤٣″
الدبران	١ و١٢	١٠٨
النسر الطائر	½١ و١٠	١٥٣
β التوأمين اي پلوكس	٢ و١٢	٢٠٨

(٣٥٦) في كثير من النجوم الثنائية والمزدوجة يختلف لون النجم الواحد عن لون الآخر وكثيرًا ما يكون لون الواحد منهما متم لون الآخر فغالبًا يكون اكبرهما احمر او برطقاني اللون والاصغر ازرق

او اخضر وبعض النجوم المفردة لونها احمر او اصفر فاقع اما نجوم مفردة على اللون الازرق او الاخضر فنادرة جدًّا ومنها β الميزان

وهاك قائمة بعض النجوم المزدوجة والثنائية المختلفة الالوان

اسم	ص م ١٨٧٠	ميل ١٨٧٠	قدر	لون A	لون B
η ذات الكرسي	٠س ٤١د ١٥ث	+٥٧° ٨′ ٧″	٤ ٧½	اصفر	بنفسجي
α الحوتين	١ ٥٥ ١٨	+٢ ١′ ٨	٥ ٦	اخضر فاتح	ازرق
γ المرأة المسلسلة	١ ٥٥ ٥٥	+٤١ ٤′ ٤٢	٣½ ٥½	پرطقالي	اخضر بحري
ι السرطان	٨ ٣٨ ٤٩	+٢٩ ٠′ ١٤	٥½ ٨	پرطقالي	ازرق
ε العوّاء	١٤ ٣٩ ١٨	+٢٧ ٤′ ٣٧	٣ ٧	پرطقالي باهت	اخضر بحري
ζ الاكليل	١٥ ٣٤ ٣٩	+٣٧ ٦′ ٣	٥ ٦	ابيض	بنفسجي
α الجاثي	١٥ ٨ ٤٣	+١٤ ٣′ ٣٢	٣½ ٥½	پرطقالي	اخضر زمردي
β الدجاجة	١٩ ٢٥ ٢٨	+٢٧ ٣′ ٤١	٣ ٧	اصفر	ازرق صفيري
σ ذات الكرسي	٢٣ ٥٢ ٢٦	+٥٥ ٨′ ١	٦ ٨	مخضرّ	ازرق فاتح

وقد تحقق ان الوان بعض النجوم قد تغير في مضي الادوار. حكى بطلميوس وسنيكا ان الشعرى اليمانية في عصرهما كان على اللون الاحمر او بالاقل محمرّ قال سنيكا انها اشد حمرةً من المرّيخ وشبهها بطلميوس بقلب العقرب لونًا وهي الآن شديدة البياض مع لمحات زرق وحكى سر وليم هرشل عن γ الاسد و γ دلفينوس انهما على اللون الابيض في عصره اما الآن فالنجم الاكبر من كلا الزوجين اصفر والذي كان اصفر من كلا الزوجين صار اخضر

(٢٥٧) نجوم متعدّدة. ان بعض النجوم المفردة للنظر المجرد والمزدوجة للنظارات الاعتيادية تُرَى بواسطة النظارات القوية ثلاثية ومنها رباعية ومنها سداسية ومنها سباعية فاكثر مثال الثلاثية ι ذات الكرسي و١١ وحيد القرن و١٢ اللِنكْس و ζ السرطان ومن المسدسة θ الجبار (شكل ١٤٩) ومن السباعية ε الشلياق (شكل ١٤٨) و٤٧٤٦ في ص م ١٥س ٥د وميل شمالي ٥٨° ٣٥′ مؤلف من عشرة نجوم فصاعدًا من القدر الثاني عشر والثالث عشر بقرب واحد من القدر الثامن (انظر القائمة في المضافات)

الفصل الثالث

في النجوم المتغيرة والموقتة وحركة النجوم الخصوصية

(٣٥٨) ان بعض النجوم يزيد نورها تارةً ويقل اخرى فسُمّيت نجومًا متغيرة وقد انكشف عن اكثر من مئة نجم من هذا النوع ولعل عددها الحقيقي اكثر من ذلك كثيرًا

النجم المتغير الذي عرِف اوّل الكل هو ٥ قيطوس ولُقِّب العجيب في ص م ٢س ١٢د وميل — ٣° ٢٤′ يقلب بين اشد نورهِ والاختفاء التام نحو ١٢ مرة في ١١ سنة اي بين القدر الثاني والاختفاء في ٣٣١ يومًا ٨س ٤د ١٦ث ويبقى على اشد نورهِ نحو ١٤ يومًا ويتناقص مدة ٣ اشهر حتى يختفي عن النظر ويبقى غائبًا مدّة ٥ اشهر ثم يعود الى ما كان عليهِ في نحو ٣ اشهر ومعظم نورهِ ليس على درجة واحدة ولا يثبت على مدّة واحدة بالتمام ومعدلها ٣٣١ يومًا و٨س ونقصر هذه المدّة ونطول بالتعاقب ٣٥ يومًا كل ٨٨ سنة . كان على معظمهِ في ٥ ت١ سنة ١٨٣٩ وكان نورهُ حينئذٍ مثل نور α قيطوس او β ماسك الاعنّة وحسب رصود شمدت كان على معظمهِ ٢٥ ايار سنة ١٨٧٣

ومن النجوم المتغيرة β فرساوس اي الغول وهو في الغالب من القدر الثاني ص م ٣س ٠د وميل + ٤٠° ٢٧′ ويقل نورهُ حتى يصير من القدر الرابع في ٣½ ساعات ويبقى على ذلك نحو ٢٠د ثم في ٣½س يعود الى القدر الثاني ويبقى على ذلك ٢ي ١٣س ثم يخف نورهُ ايضًا على النسق المذكور فتكون كل مدتهِ ٢ي ٢٠س ٤٨د ٥٥ث على ان هذه المدّة تقصر زمانًا ثم تزيد ايضًا

ومنها ايضًا δ قيفاوس وهو نجم مزدوج وربما ثنائي في ص م ٢٢س ٢٤د وميل + ٥٧° ٥٤′ الواحد على قدر ٤½ والآخر على قدر ٧ وبينهما ٤١″ لون الواحد اصفر ولون الآخر ازرق سماوي يتغير الاوّل اي الذي على قدر ٤½ حتى يصير ٣½ في ٥ ايام ٨س ٣٠د وبين معظمهِ ومصغرهِ ٣ ايام ١٩س وبين مصغرهِ ومعظمهِ ١ي ١٣س ويزعم شمدت بتغير عدّة من نجوم قيفاوس. ومنها β الشلياق بقرب النسر الواقع في ص م ١٨س ٤٥د وميل + ٣٣° ١٣′ ومدتهُ ١٢ي ٢١س ٥٣د وعلى هذا النسق إذا كان على قدر ٤ ٣ يصغر حتى يصير على قدر ٣ ٤ ثم يزيد الى معظمهِ ايضًا ثم يصغر حتى يصير على قدر ٥ ٤ وقد لاحظ شمدت عدم الركز على ذلك تمامًا ولهُ ثلاثة رفاق على القدر ٨ و٥ ٨ و٩ ومن النجوم المتغيرة R الاكليل الشمالي مدتهُ ٣٢٣ يومًا وهو على معظمهِ من القدر السادس و T الاكليل الشمالي كان على القدر الثاني في ١٢ ايار سنة ١٨٦٦ وفي ٢٤ منهُ صار على قدر ٥ ٨ ثم على قدر ٩

ثم زاد الى قدر ٧ ثم ٥ ٧ في ت ولا يزال يتغير موقعهُ على ½ المسافة بين ε الاكليل نحو π الحيَّة

ومنها η السفينة هو غالبًا بين القدر الاوَّل والثاني وتارةً يزيد نورهُ حتى يضاهي سهيلاً

(٢٥٩) يُعلَّل عن رُوَى النجوم المتغيرة بانها دائرة على محورها وان جانبًا منها اقل نورًا من الجانب الآخر وايضًا بتواسط جرم مظلم بيننا وبينها وبانها تبعد وتقرب وبان لها كرة هوائية وابخرة تحجب بعض نورها احيانًا ولا شيء من ذلك آكيد

ومن هذا النوع ايضًا نجوم وقتية تظهر مدة وجيزة ثم تزول . ذكر هبرخوس واحدًا منها في القرن الثاني ق م وعلى قول اقليدس ظهور ذلك النجم حمل هبرخوس على اصطناع قائمة الثوابت سنة ١٢٥ ق م وذُكِر في تواريخ الصين نجم جديد في العقرب ق م ١٣٤ وقد ظهرت نجوم لامعة في ذات الكرسي او بقربها سنة ٩٤٥ و١٢٦٤ و١٥٧٢ وهذا الاخير رصدهُ تيخو براهي من ت سنة ١٥٧٢ الى اذار سنة ١٥٧٤ اي ١٧ شهرًا وفاق الشعرى والزهرة لمعانًا وظهر في النهار وانقلب بين ابيض واصفر واحمر ثم ابيض ايضًا ولم يتغير موقعهُ بين النجوم بتة وقد زعم بعضهم ان الرُوَى الثلاث المذكورة في رُوَى نجم واحد ذي مدة طويلة

وفي سنة ١٦٠٤ ظهر نجم لامع مثل الزهرة في صورة الحواء مدَّة ١٥ شهرًا ذكرهُ كبلر وفي سنة ١٦٧٠ ظهر نجم لامع من القدر الثالث في صورة الدجاجة وبقي سنتين ثم ضعف نورهُ ثم زاد ثم تلاشى

وفي ٢٨ نيسان سنة ١٨٤٨ راى المعلم هَيند نجمًا جديدًا من القدر الخامس في الحواء ثم بلغ القدر الرابع ثم قل وهو الآن من القدر الحادي عشر او الثاني عشر

وقد ذُكِر في القوائم السابقة نجوم لا وجود لها الآن وبالقلب ظهرت نجوم لم تُذكَر فقد ذهب من الجاثي ٤ ومن السرطان واحد ومن فرساوس واحد ومن الحوتين واحد ومن الشجاع واحد ومن الجبار واحد ومن شعر برنيشي اثنان وعدَّة نجوم من قائمة بطلميوس لم تُذكَر في قائمة أُلغ بيك سنة منها بقرب الحوت الجنوبي واربعة منها من القدر الثالث ولعل كل هذه النجوم الموقتة نجوم متغيرة مدَّاتها طويلة او قد أُخطئ في رصد بعضها

(٢٦٠) قد تقدم ان النجوم الثوابت على تمادي الادوار تغيرت مواقعها النسبية قليلاً وبعضها تغير اكثر من بعض فقد تحرك السماك الرامح ٥' في ١٥٢ سنة والنجم بقربهِ η العوَّاء لم يتحرك و α النسر اي النسر الطائر بعد مضي ادوار يكون الى شرقي نجم بقربهِ الى الشرق ومن النجوم التي ظهرت لها حركة سنوية واضحة

٢١٥٠	السفينة	٨″٨٧
٤	الهند	٧″٧٤

١٨٣٠	كرومبردج	″٦ ′٩٧
٦١	الدجاجة	٥ ′١٣

ومن رصود الدكتور هجنس بالسبكتروسكوب قد تحقق اقتراب بعض الثوابت نحو النظام الشمسي وابتعاد البعض عنه اما من حركاتها الخصوصية واما من حركة كل النظام الشمسي في الكون او من كليهما . اما النجوم المقتربة الينا فهي هذه

السماك الرامح	α الدجاجة	α الدب الاكبر
النسر الواقع	β التوأمين	γ الاسد
ε العوّاء	γ الفرس	
α الفرس	α المرأة المسلسلة	

اما الذاهبة عنا فهي

الشعرى الشامية	قلب الاسد	
ابط الجوزاء	β الدب الاكبر	السماك الاعزل
رجل الجوزاء	γ " "	α الاكليل الشمالي
α التوامين	δ " "	الشعرى الشامية
	ε " "	العيوق
β الاسد	ζ " "	الدبران
δ "	η " "	γ ذات الكرسي

فقد اتفق اشهر علماء الهيئة الآن على ان الشمس ونظامها من العوالم سائرة نحو نقطة من القبة السماوية موقعها على الخط الموصل بين π و μ الجاثي على ¼ البعد بينهما عن π اي ماس هذا الفلك العظيم ينتهي الى π الجاثي شمالاً والى α الحمامة جنوباً والحركة السنوية الى تلك الجهة ′١٦٢١ من نصف قطر فلك الارض اي ١٤٨٤٠٠٠٠٠ ميل وهي دائرة حول نقطة في الثريا مركزاً اي η الثور حسب راي ميدلر وسرعة هذه الحركة نحو ٤ اميال كل ثانية . وبما ان كثيراً من النجوم الثوابت هي على ما يعلم بعيدة عن فعل جاذبية غيرها فربما يكون كل واحد من تلك مركز نظام عوالم كما ان شمسنا مركز نظام العوالم الدائرة حولها ومن تلك الشموس

• النسر الواقع	العيوق	السماك الرامح	الشعرى اليمانية
سُهَيل	مركب	γ الجبار	α قيطوس
α ذات الكرسي	الغراب	ι التوأمين اي بروپس	

اما دَرَهْرُه النجوم الثوابت او تشعشعها مثل قدح شرار فمن اسباب هوائية لانهُ كل ما سكن الهواء قل الدَّرَهْرُه وكذلك كلما ارتفع الناظر عن سطح الارض قل اما النجوم الصغار الضعيفة النور فروْيتها اوضح اذا كثر الدرَهْرُه

الفصل الرابع

في القِنْوان والسدام

(٢٦١) القُنْوان جمع قِنو وهو الكباسة ويُراد بها في اصطلاح علماء الهيئة محالّ من السماء نجومها محشوكة فيُرَى كثير منها في مساحة صغيرة والسدام جمع سديم وهو الضباب الرقيق وفي الاصطلاح نجوم صغيرة القدر جدًّا محشوكة حتى تُرَى مثل سحابة او ضباب او قطعة نيرة سحابية لا تُحَل الى نجوم مفردة بالنظارات القوية او ما تحقق بالسبكتروسكوب انها مجتمعات غازٍ حامٍ الى درجة الانارة وقد انقسمت باعتبار ما ذُكِر الى ثلاثة اقسام

(١) قنوان او عناقيد تُرَى بالنظر المجرد زاد وضوحها او قل

(٢) قنوان تُحَلّ الى نجوم مفردة بواسطة نظارة

(٣) سدام لا تُحَلّ الى نجوم مفردة باقوى النظارات المعروفة وهذا القسم الثالث قد انقسم الى خمسة انواع

(١) سدام حلقية

(٢) " هليلجية

(٣) " حلزونية

(٤) " سيّارية

(٥) نجوم مسدّمة

اوّل من اعتنى بتقييد قوائم القنوان والسدام الفرنساوي مسيير غرها بالاعداد الطبيعية وطُبِعَت قائمة اولاً في المناهج السنوية الفرنساوية لسنة ١٧٨٣ و١٧٨٤ ويُشَار الى كونها من قائمة مسيير بالحرف الروماني M مثاله M 1 او M 4 وهرشل الاوّل يُدَل عليه بالحرف H وهرشل الثاني بالحرف H فهرشل الاوّل قسم السدام والقنوان الى ٨ رتب هكذا (I) سديم لامع (II) سديم

ضعيف (III) سديم ضعيف جدًّا (IV) سديم سياري (V) سديم كبير (VI) قنو محشوك (VII) قنو قليل الحشك (VIII) قنو منتثر فلو قيل ٣٢ H VI لكان المراد السديم الثالث والثلثين من الرتبة السادسة من رتب هرشل

(١) من القسم الاوّل الثريا وعدة النجوم الظاهرة فيها متوقفة على حدة البصر فبعض العيون المجردة الحادة البصر ترى نجومًا مفردة حيث لا ترى غيرها الأسحابة نيرة او لا ترى شيئًا فالبعض يميز في الثريا ستة نجوم والبعض يميز ١٢ نجمًا وربما يميز اكثر من ذلك بالنظر اليها من الماق او بتحريف العين عن الاستقامة قليلاً اما بالنظارة فيرى فيها ٥٠ او ٦٠ نجمًا انورها ألسيوني او η الثور من القدر الثالث يُزعَم انهُ مركز دوران النظام الشمسي حسبما تقدم وهو المعروف بوسط الثريا ثم ألكترا واطلس من القدر الرابع ومايا وتايجيتا من القدر الخامس وبليوني وشيلينو بين القدر السادس والسابع واسترويي بين القدر السابع والثامن وكثير دون ما ذُكِر قدرًا وقد سُمّيت الثريا عند البعض القرقة والصيصان

ومن هذا النوع ايضًا عدة نجوم انورها الدبران ولعلها الفردود . قال الفيروزابادي في القاموس الفردود كواكب مصطفة خلف الثريا اما الدبران او عين الثور فمن القدر الاوّل ولعل تسميتهُ من كونهِ مدبرًا خلف الثريا وهو المنزلة الرابعة من منازل القمر

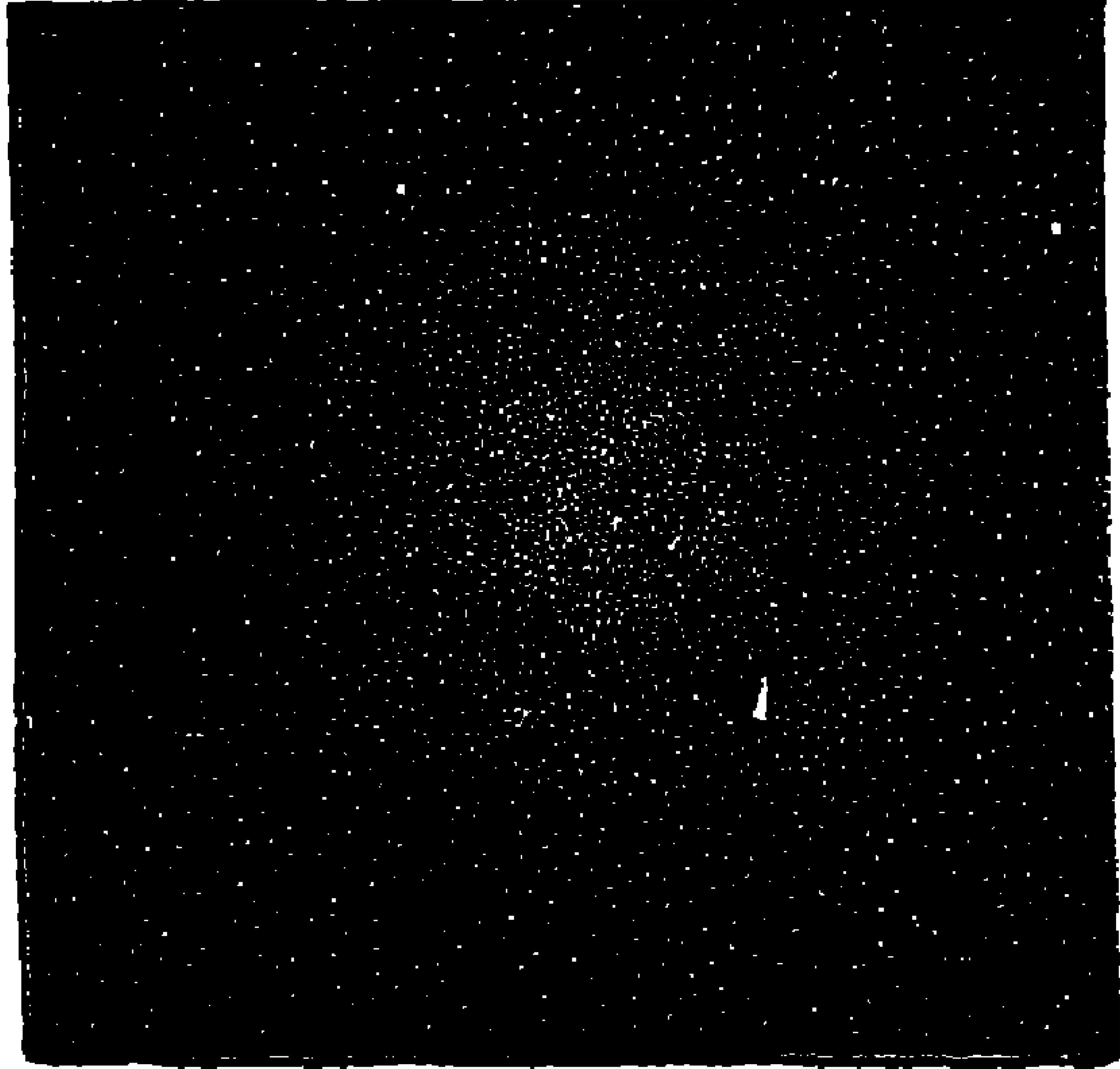
ومن هذا النوع ايضًا المعلف في السرطان غير انهُ لا يجلهُ النظر المجرد نجومًا ويُسمّى ايضًا النثرة وهي المنزلة الثامنة من منازل القمر

ومن هذا النوع ايضًا شعر برنيكي على منتصف المسافة بين α السلاقيين وذنب الاسد

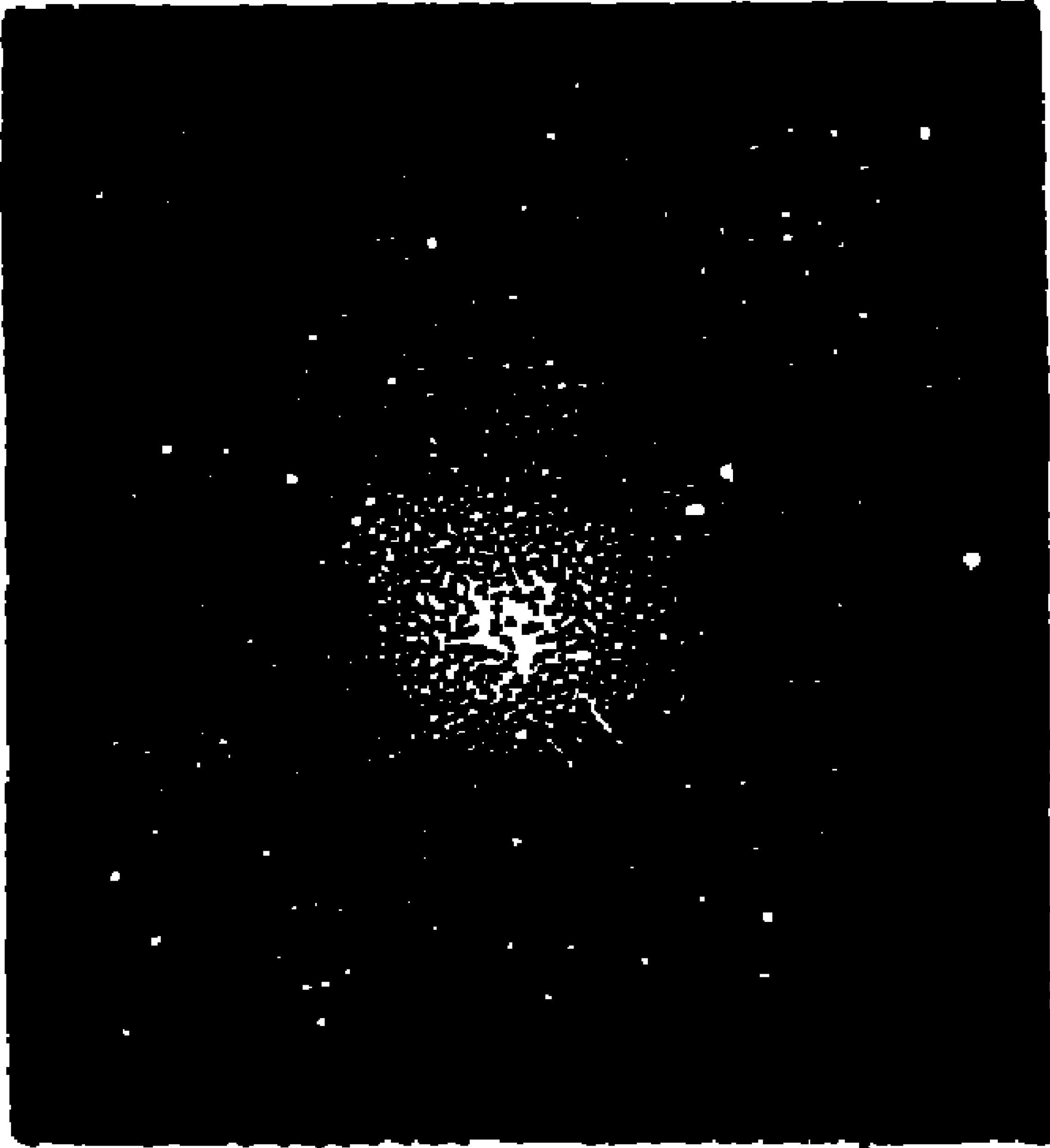
(٢) اما القسم الثاني اي قنوان تحل الى نجوم مفردة بواسطة النظارة فكثيرة جدًّا لا يسعنا المقام الاّ لذكر بعضها فمنها

				ص م ١٨٧٠	ميل ١٨٧٠
(١)	٢١	H VI	ذات الكرسي	١ ٣٧ ١٠	+ ٦٠ ٤ ٣٥
(٢)	٣٣	H VI	فرساوس	٢ ٩ ٥٧	+ ٥٦ ٩ ٣٣
(٣)	٣٥	M	الجوزاء	٦ ٠ ٤٩	+ ٢٤ ٧ ٣٠
(٤)	٢	M	السلاقي	١٣ ٣٦ ٨	+ ٢٩ ٨ ١
(٥)	٥	M	الميزان	١٥ ١١ ٥٧	+ ٢ ٦ ٣٤
(٦)	١٣	M	الجاثي	١٦ ٣٧ ٣	+ ٣٦ ٥ ٤٣
(٧)	٩٣	M	الجاثي	١٧ ١٣ ١٥	+ ٤٣ ٨ ١٥

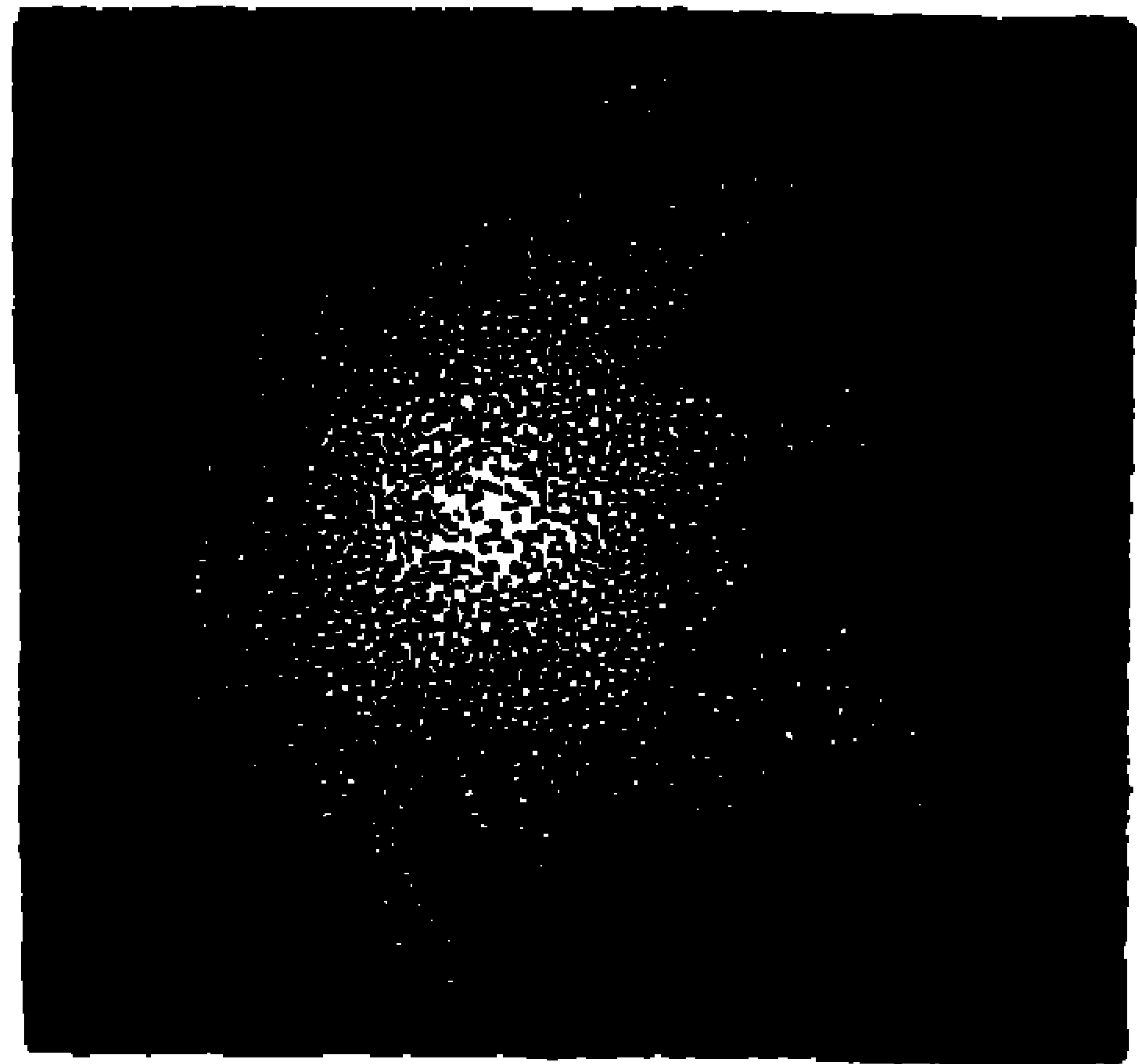
				م ص ١٨٧٠	ميل ١٨٧٠
(٨)	١١	M	انتبنوس	١٨ ٤٤ ٩	− ٦° ٥′ ٣٥″
(٩)	١٥	M	الفرس	٢١ ٢٣ ٣٩	+ ١١ ٣′ ٣٥″
(١٠)	٢	M	الدلو	٢١ ٣٦ ٤٣	− ١ ٠′ ٢٤″



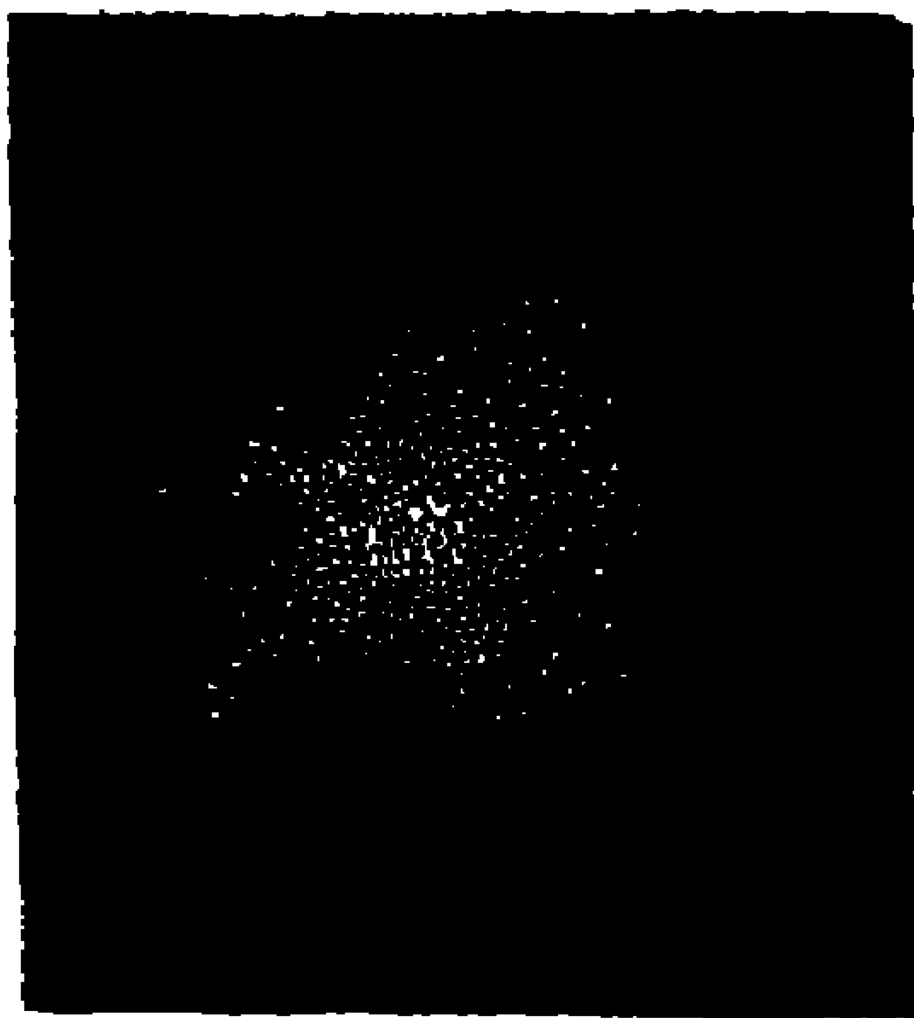
شكل ١٥٥ بقرب ω قنطوروس



شكل ١٥٦ في الميزان



شكل ١٥٧ في الجاثي



شكل ١٥٨ في الجدي

(٣٦٣) اما القسم الثالث اي السدام فلا تُحَل الى نجوم بواسطة اقوى النظارات

(١) النوع الاوَّل منها سدام حلقية منها السديم الحلقي في صورة الشلياق وهو M ٥٧ ص م ١٨ س ٤٨ د ٢١ ث وميل + ٣٢° ٥١′ على نصف البعد بين β و γ هو بالحقيقة اهليلجي الشكل ونسبة قطرهِ الى منضمهِ :: ٥ : ٤ والفسحة الوسطى مثل كريشة ممتدَّة على اطارة. زعم اللورد

رُصّ ان نظارتهُ الكبيرة ارتهُ فيهِ نجوماً صغاراً ولكن السبكترسكوب قد اوضح كونهُ غازاً محمياً الى درجة الانارة



شكل ١٥٩ في الجوزاء



شكل ١٦٠ في الحية

ومن هذا النوع	ص م ١٨٧٠	ميل ١٨٧٠
(١) ٤٣٩٠ H العقرب	١٧ ١٢ ٣٣	ــ ٣٨ ٨ ٣٠
(٢) ١١ IV ♅ العقرب	١٧ ١٠ ٣٦	ــ ٣٣ ٥ ٣٨
(٣) ١٣ IV ♅ الدجاجة	٣٠ ١١ ١٠	+ ٣٠ ٥ ١٠

(٢) النوع الثاني سدام هليلجية الشكل منها السديم في نطاق المرأة المسلسلة ٤° طولاً و ½ ٢° عرضاً ص م ٠ ٣٥ ٤٢ ميل + ٤٠° ٥ ٣٢ . السبكترسكوب يُري لهُ طيفاً كاملاً الاّ من الطرف الاحمر وذلك دليل على انهُ ليس غازاً ولكنهُ لم يحل قسم منهُ الى نجوم باقوى النظارات

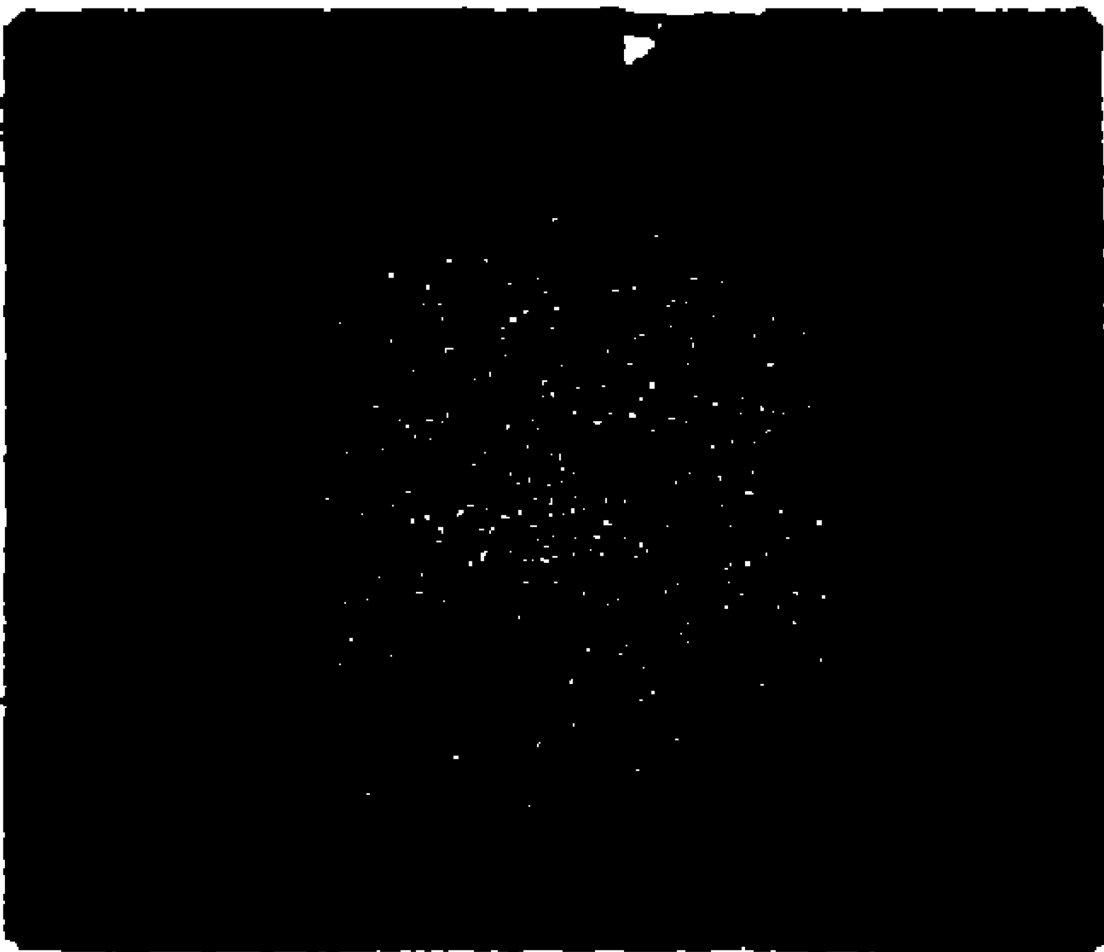
ومن هذا النوع	ص م	ميل
(١) ٤٣٩٥ H الرامي	١٨ ٩ ٣٣	ــ ١٩ ٣ ٥٥
(٢) ٣١٦٥ H شعر برنيكي	١٢ ٣٥ ٥١	+ ٣٣ ٣ ١٥
(٣) ٦٥ M الاسد	١١ ١٣ ٨	+ ١٣ ٩ ٤٧
(٤) ٤٠٥٨ H التنين	١٥ ٣ ٥٣	+ ٥٦ ٠ ١٦
(٥) ٤٤١٩ H التنين	١٨ ٣٥ ٧	+ ٦٤ ٦ ٥٤
(٦) ١ ♅ V قيطوس	٠ ٤١ ٨	ــ ٣٦ ٤ ٠
(٧) ٣٧٠٦ H قنطوروس	١٣ ٤٩ ٥٨	ــ ٣٩ ٧ ٣٠

النوع الثالث سدام حلزونية اشهرها M ٥١ السلاقيين في ص م ١٣ ٢٤ ٣٠ وميل + ٤٧° ٨ ٥١ وعلى ٣° الى الجنوب الغربي من الماثد اي η في طرف ذنب الدب الاكبر . في النظارات الاعتيادية يُرَى كروية تحيطهُ حلقة وفي نظارة لورد رُصّ يُرَى حلزون من مادة سحابية

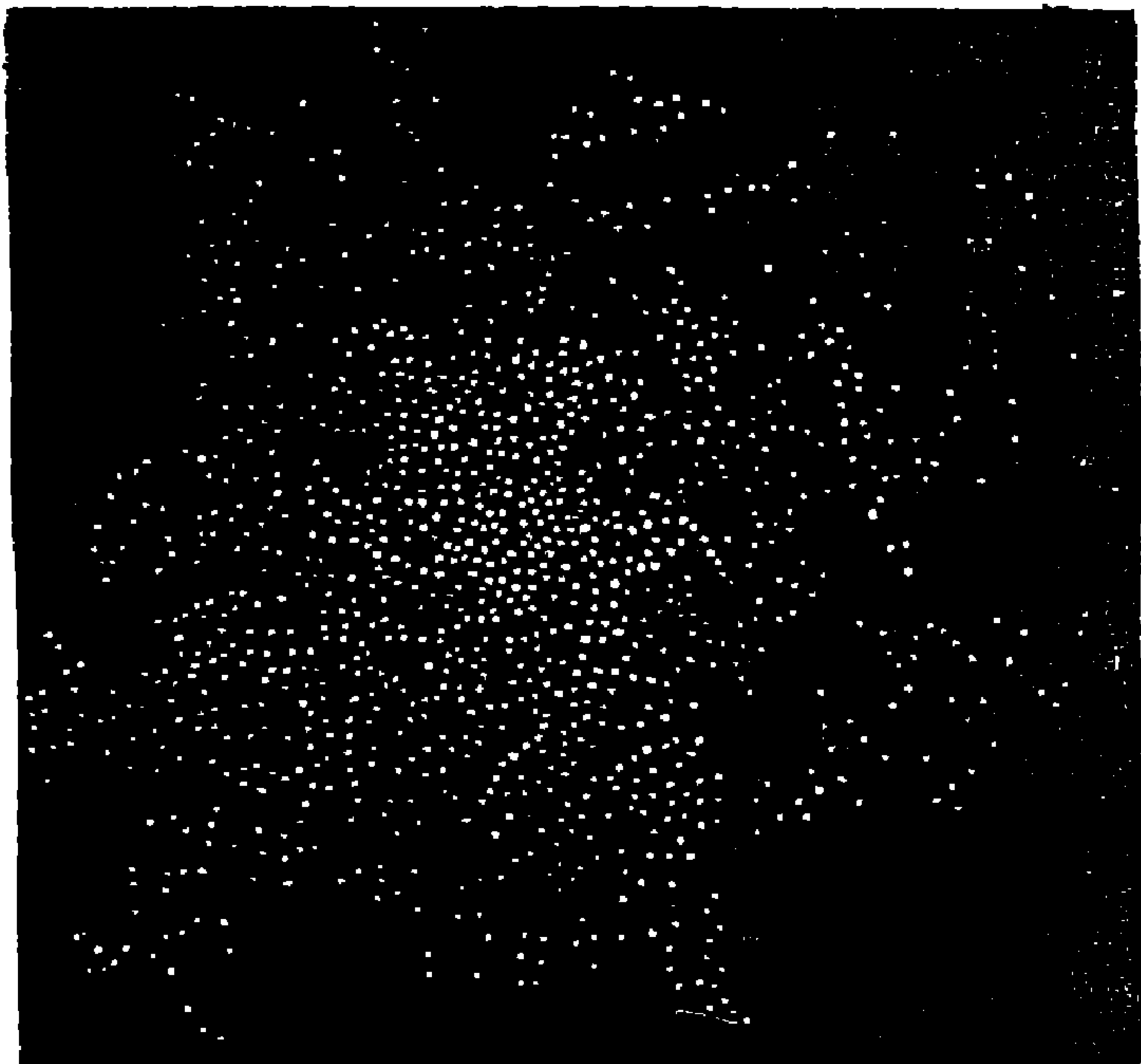
مثل بعض الغيوم في تيار من الريح طيفة ليس بطيف غاز

ومن هذا النوع

					ص م ١٨٧٠			ميل ١٨٧٠	
(١)	٣٣	M		الحوتين	١	٣٦	٣٠	+٢٩	٥٩ ٣
(٢)	٥٧	H	I	الاسد	٩	٣٤	٤٩	+٢٢	٤ ١
(٣)	٩٩	M		السنبلة	١٣	١٣	١٣	+١٥	٨ ٠
(٤)	٥٥	H	I	الفرس	٢٣	٥٨	٢٦	+١١	٣٧ ٥


شكل ١٦١ في الدلو

(٤) النوع الرابع سدام سيارية . هذه التسمية من سر وليم هرشل لان السديم من هذا النوع يشبه سيارًا من السيارات الكبار اي له قرص مادة سحابية مستدير او اهليلجي ظاهر الحدود تارةً وحدودهُ غير واضحة اخرى غير انهُ ليس لها نواة ظاهرة ومن هذا النوع M ٩٧ الدب الاكبر ص م ١١ ٧ ٩ ميل + ٥٥° ٣ ٤٢ على ٢° من β الى الجنوب الشرقي قطرهُ ٣′ ٤٠″ فاذا كان على بعد ٦١ الدجاجة فقط تكون مساحتهُ سبعة امثال مساحة فلك نبتون وطيفهُ غازي


شكل ١٦٢ في الدلو بنظارة لورد رص

ومن هذا النوع	ص م	ميل
(١) ٦٣ ♅ IV النهر	٤س ٨د ١٨ث	−١٣° ٤′٤
(٢) ٤٦ M السفينة	٧ ٣٥ ٥٣	−١٤ ٣١′٣
(٣) ١٨٤٣ H السفينة	٩ ١٧ ٤٥	−٥٧ ٤٥′٨
(٤) ٢٧ ♅ IV الشجاع	١٠ ١٨ ٣١	−١٧ ٥٨′٨
(٥) ٣٥٨١ H قنطوروس	١١ ٤٣ ٥٣	−٥٦ ٣٧′٣
(٦) ٤٢٣٤ الجاثي	١٦ ٣٩ ١	+٣٤ ٣′٣
(٧) ٣٧ ♅ IV التنين	١٧ ٥٨ ٣٠	+٦٦ ٣٨′٠
(٨) ٧٤٣ ♅ III النسر	١٩ ١٣ ٧	+٦ ١٨′٦
(٩) ٥١ ♅ IV الرامي	١٩ ٣٦ ٣٨	−١٤ ٣٧′٦
(١٠) ٧٣ ♅ IV الدجاجة	١٩ ٤١ ٣٣	+٥٠ ١١′٨
(١١) ١ ♅ IV الدلو	٢٠ ٥٧ ٥	−١١ ٥٣′٨
(١٢) ١٨ ♅ IV المرأة المسلسلة	٢٣ ١٩ ٣٨	+٤١ ٤٩′٤

ثلاثة ارباع السدام المعروفة من هذا النوع هي في نصف الكرة الجنوبي وبعضها مزرقة اللون قليلاً وبعض النجوم سُمّيت نجوماً سديمية لكونها محاطة بمادة سحابية مستديرة في الغالب قطرها بعض الدقائق احياناً . ومن هذا النوع

	ص م ١٨٧٠	ميل
(١) ι الجبار	٥س ٢٩د ٣ث	−٥° ٥٩′٨
(٢) ε الجبار	٥ ٢٩ ٣٧	−١ ١٧′٣
(٣) ٤٥ ♅ الجوزاء	٧ ٢١ ٣٠	+٢١ ١٠′٤
(٤) ٨ السلاقيين	١٣ ٣٧ ٣٧	+٤٣ ٤′٣

الأوَّل من المذكورة مثلث من القدر ٣½ و٨½ و ١١ وبينها ٥″ ١١″ و٤٩″ وتحيط بالكل مادة سحابية قطرها ٣′ والثاني نجم من القدر ٣½ في وسط مادة سحابية متسعة والثالث من القدر الثامن في مركز سحابة مستديرة نيرة والرابع نجم من القدر ٤½ في مادة سحابية مستديرة قطرها ٣′

(٣٦٣) ومن السدام المعتبرة

(١) ٤٧ الطوقان ص م ٠س ١٨د ١٤ث وميل −٧٣° ٤٨′٣

(٢) السديم السرطاني في صورة الثور ١ M الثور ص م ٥س ٢٦د ٤٠ث وميل +٢١ ٥٥′٣

وهو ١° الى الشمال الغربي من ζ على طرف القرن الجنوبي سُمّي السرطاني بسبب الزوائد المادة منهُ زعموا انها تشبه ارجل السرطان والحال ان السديم كلهُ اشبه ببُرعُم الورد

(٣) السديم الكبير في نصاب سيف الجبار حول θ منهُ مادّ على ½ ٥° ميل و٤° ص م وهو ٤٢ M الجبار ص م ٥س ٣٨د ٥٣ث ميل ٥٠° ٦ ٢٨ً في وسطهِ اربعة نجوم على شكل مستطيل اقدارها ٦ و٧ و٥ ٧ و٨ (انظر شكل ١٤٩) وبنظارة جيدة يُرَى نجم خامس زعموا انهُ على زيادة في نورهِ وسادس اصغر منهُ وقد شاهد البعض فيهِ نجوماً أُخَرَ من القدر ١١ ٩ و١٠ و١٢ وهذا السديم هيدروجين حامٍ الى درجة الانارة

(٤) ٣٠ دورادوس ص م ٥س ٣٩د ٣٦ ميل — ٦٩° ٠ ١٠ً لا يُرَى في عرض شمالي فوق ٣٠°

(٥) η السفينة ص م ١٠س ٤٠د ٠ث ميل — ٥٨° ٩ ٥٩ً لا يرى في عرض شمالي فوق ٣٠°

(٦) χ الصليب ص م ١٢س ٤٥د ٥٧ث ميل — ٥٩° ٦ ٣٨ً

(٧) ω قنطوروس " ١٣ ١٨ ٥٩ " — ٤٦° ٠ ٣٨ً (شكل ١٥٥)

(٨) ٤١ H IV الرامي ١٧ ٥٤ ٣٨ — ٣٣ ٠ ٣ً

(٩) ٨ M الرامي ١٨ ٥٥ ٥٤ — ٢٤ ٥ ٢١ً

(١٠) ١٧ M ترس سوبيسكي ١٨ ١٣ ٨ — ١٦ ٤ ١٣ً

(١١) ٢٧ M الثعلب ١٩ ٥٣ ٥٥ + ٢٢ ٩ ٢١ً

(١٢) ٤٦١٨ H الدجاجة ٣٠ ٥١ ٤٤ + ٢٩ ٩ ٤٢ً

اما (١٠) فعلى هيئة وزّ عراقي لهُ نجم في عينهِ ونجمان عند متصل العنق بالجذع

اما (١١) فغريب الشكل مثل ساعة رملية في نظارة اعتيادية اما في نظارة لورد رُصّ فعلى هيئة فأسين متصلين بقفاويهما

اما (١٢) فمساحة ٢٠ً او ٣٠ً ميلاً و١د او ٢د ص م ملآنة سدماً ونجوماً ممتزجة

في قائمة سر يوحنا هرشل المطبوعة ١٨٦٤ مقيد من سدام وقنوان ٥٠٧٩ . اكثرها في منطقة مساحتها اقل من ⅛ مساحة القبة الزرقاء من الدب الاكبر والاسد والزرافة والتنين والعواء وشعر برنيكي والسلاقيين الى السنبلة والى وسط قنطوروس وفي الجهة المتقابلة اي المرأة المسلسلة والفرس والحوتين الى الجنوب وتكثر حول القطب الجنوبي دون غيرهِ وفي ذلك القسم من السماء مساحتان فيهما ٤٠٠ سديم وقنو وقد اشهر اللورد رُصّ في سنة ١٨٦١ قائمة ٩٨٩ سديماً رصدها بنظارتهِ الكبيرة

(٣٦٤) سدام متغيرة . في ١١ ت سنة ١٨٥٢ اكتشف المعلم هِند سديماً صغيراً قطرهُ نحو

١' في ص م ٤ث ١٣د ٤٧ث وميل + ١٩° ٣' ١١' على ½ ١° عن ε الثور ومن ١٨٥٢ الى ١٨٥٦ كان يمس جانبهُ الشمال الشرقي نجم من القدر العاشر وهو الآن من القدر الثاني عشر . وفي ٣ ت٢ سنة ١٨٦١ وجد دارست من كوبنكاغن ان السديم قد زال واخذ لافربير وغيرهُ من علماء الهيئة يفتشون عليهِ باقوى النظارات فلم يجدوهُ . وفي ٢٩ ك١ ظهر بالنظارة الكبيرة في بلتكوفا وفي ٢٢ اذار سنة ١٨٦٢ كان اوضح ثم عند طلبهِ في ١٢ ك١ سنة ١٨٦٣ لم يُرَ

كذلك القنو المعروف ٨٠ M بقرب R و S من العقرب على منتصف البعد بين α و β بين ٩ ايار و ١٠ حزيران سنة ١٨٦٠ تغير الى هيئة نجم من القدر السابع ثم عاد الى هيئتهِ الاولى

في ١ ايلول ١٨٥٩ كشف المعلم تُتّل سديمًا في صورة التنين ص م ١٨ث ٣٢د ١٠٨ث ميل + ٧٤° ٥' ٣٠' نورهُ واضح حتى لا يتصور كيف لم يرَهُ هرشل ان كان على ذلك القدر في ايامهِ وفي ١٩ ت١ ١٨٥٩ كشف تمل سديمًا في صورة الثور وفي ك١ ١٨٦٠ لم يُرَ الّا بصعوبة

لا سبيل للتعليل عن هذه الرؤى . ربما يكون من الابتعاد والاقتراب وربما من توسط جرم مظلم بيننا وبين الاشباح المشار اليها وربما من علة اخرى مجهولة

الفصل الخامس

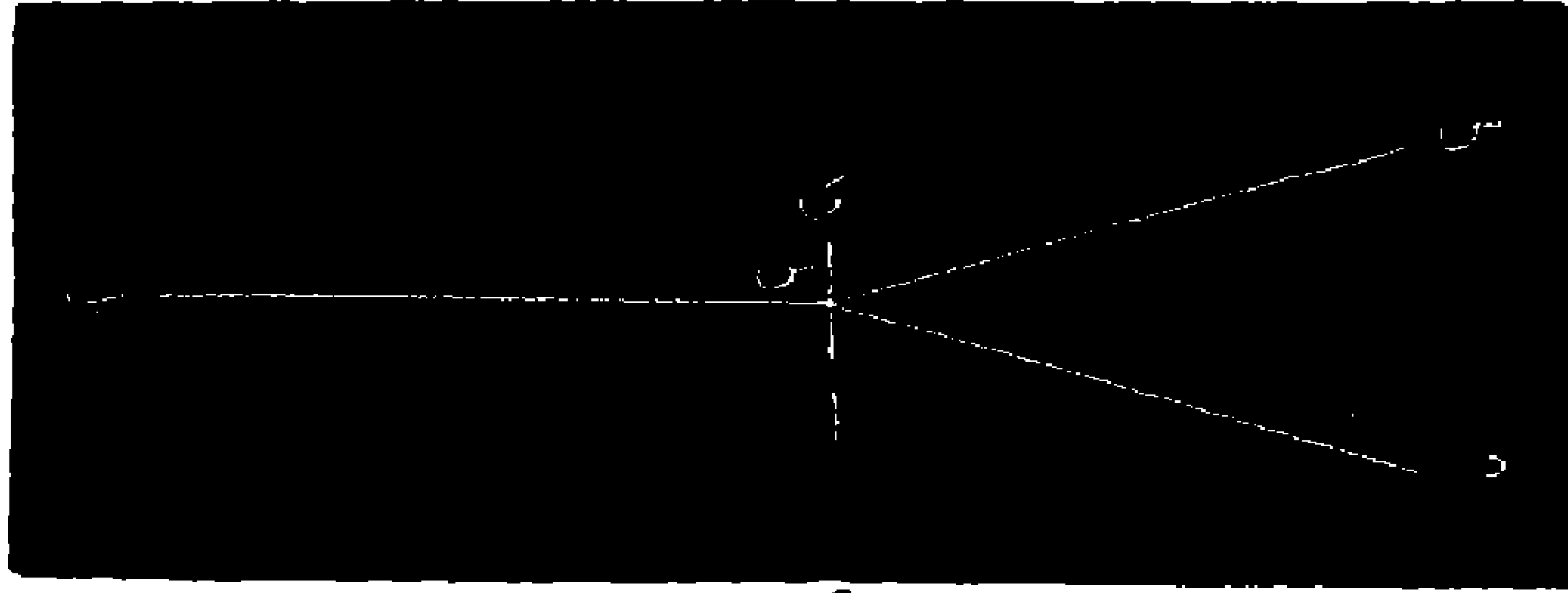
في المجرّة والراي السديمي

(٣٦٥) المجرّة سديم كبير او قنو من القسم الثاني شمسنا ونظامها منهُ وفيهِ فمن موقع الارض في هذا القنو ودورانها على محورها نرى ايا المجرة على هيئة منطقة نيرة اقسامها مختلفة الانارة من ذات الكرسي شمالًا الى جنوبي قنطوروس جنوبًا مائلة على خط الاستوائي نحو ٦٣° وتقطعهُ في ص م ٤٧د ٠ث و ١٢ث ٤٧د وقطبها الشمالي في ص م ١٢ث ٤٧د ميل + ٢٧° والجنوبي في ص م ٠ث ٤٧د ميل — ٢٧° فان تتبعناها على طريق الصعود المستقيم مبتدئًا من ذات الكرسي على نحو ٢° الى شمال δ اي في نحو + ٦٣° ميلًا فتمر بين γ و ε ذات الكرسي وترسل فرعًا نحو α فرساوس ثم نحو ε منهُ وتمر على ε و ζ و η من صاحب المعز المعروفة بالجداء وتمر على ارجل الجوزاء وطرفي قرني الثور حيث تقطع دائرة البروج بقرب المدار الصيفي ثم على دبوس الجبار وبين الجبار والشعرى الشامية ومن ثم تزيد نورًا وتمر على شرقي الشعرى اليمانية على السفينة تحت ارجل قنطوروس الى

— ٣٣° ميلاً حيث تتسع عرضاً حتى يبلغ عرضها نحو ٣٠° ومن ثم تتجه الى الشمال الشرقي مارة على ذنب العقرب وساق الحواء وترس سوبيسكي والنسر الطائر والثعلب والدجاجة وراس قيناوس الى حيث ابتدأنا

(٣٦٦) ان العقل البشري يندهل من كثرة النجوم في المجرّة ويعين على تصوُّر ذلك بعض التصوُّر ما افاد بهِ سروليم هرشل قال مرَّ على نظارتهِ ١١٦٠٠٠ نجم في رُبع ساعة وفي ٢٣ آب ١٧٩٢ مرَّ عليها ٢٥٨٠٠٠ في ٤١ دقيقة فحسب ان النجوم الظاهرة بواسطة نظارة مكسرة قطر مرآتها ١٨ قيراطاً يبلغ ٥٢٥٠٠٠٠٠ ونيف وقد حسب ستروف انهُ يُرى ٢٠٥٠٠٠٠٠ بواسطة نظارة هرشل الكبيرة

(٣٦٧) راي هرشل من جهة المجرّة انها طويلة قليلة العمق بالنسبة الى طولها وان موقع الشمس بقرب منتصفها عند تفريعها فرعين (شكل ١٦٣) فاذا نظر ناظر عند ش الى جهة ي او ا يقل عدد النجوم التي يراها وان نظر الى ب او س او د يكثر عددها. حسب هرشل ان عمقها نحو ٨٠ مرة بعد النجوم من القدر الاوّل



شكل ١٦٣

وبعض السدام البعيدة التي تُرى بصعوبة بواسطة اقوى النظارات مثل ٧٥ M على ٧٠٠ مرة بعد النجوم من القدر الاوّل حتى يقتضي للنور ٧٠٠٠٠٠ سنة للوصول منها الى الارض وابعد من ذلك ايضاً نظامات أُخر الى ما لا نهاية

في الراي السديمي

(٣٦٨) ان الاجسام الآلية الارضية لا يخلقها الخالق سبحانهُ وتعالى تامة كاملة دفعةً واحدة بل جعلها ان تنمو من مبادي صغرى تحت قواعد وقوانين ثابتة حتى تبلغ كمالها بالمرور على درجات كثيرة كل تالية اعلى واكمل من التي سبقتها وغير الآلية ايضاً تحت هذا القانون فالاتربة التي يتغذى منها النبات لم تُخلَق على ما هي بل هي من قبل تفتت الصخور وسحقها على تمادي الادوار بالنور والحرارة والماء والكهربائية الخ ومن هذا القياس يستنتج انهُ سبحانهُ سلك هذا المسلك نفسهُ في خلقهِ العوالم

وان الشمس والسيارات واقمارها بلغت حالتها الحاضرة بعد المرور على درجات كثيرة من النظام في ادوار كثيرة ومن الحقائق الظاهرة في النظام الشمسي التي يبنى عليها الراي الذي نحن في صدده

(١) ان الشمس والسيارات والاقمار حسبما يُعرَف عنها كلها تدور على محورها الى جهة واحدة تقريبًا اي من الغرب الى الشرق وكذلك السيارات تدور حول الشمس والاقمار تدور حول السيارات من الغرب الى الشرق وما يستثنى من ذلك قليل لا يعتد به او يعلل عنه

(٢) الشمس الحاوية اكثر مادة النظام كلو كرة في حالة الحمو الزائد وداخل الارض كان في تلك الحالة نفسها ولم تزل اقسام من داخلها على ذلك كما يتضح من البراكين على سطحها والقمر كان كذلك كما يتضح من كثرة كؤوس البراكين المنطفئة على سطحهِ فالراي السديمي المبني على هذه المبادي هو ان المساحة التي يشغلها النظام الشمسي الآن كانت الى ابعد من نبتون كثيرًا ملآنة مادة سديمية سحابية او غالية في حالة الحمو الزائد وعلى غاية اللطافة فجُعِلَت كلُّ تلك المادة ان تدور على محورٍ الى الجهة التي نسميها الآن من الغرب الى الشرق

فبناءً على قواعد الهيولى المعروفة كانت تحصل في مدة الادوار المتتابعة تغيرات على النسق الآتي ذكرهُ

بالجاذبية نحو المركز والقوة الدافعة عن المركز تحول المادة كلها الى هيئة شبه كرة (عـ ٨ و ١١) تشعّ الحرارة في الخلاء غير المتناهي المحيط بالمادة المشار اليها فتتقلص وبهذا التقلص يُحدِث الدورانُ على سرعة مفروضة عند المحيط دورانًا اسرع ثم اسرع تنتهي الى الموازنة بين القوة الدافعة عن المركز والقوة الجاذبة نحو المركز وعند حصول هذه الموازنة تصير الاقسام الاستوائية تدور مستقلةً عن الاقسام الداخلية التي تدوم تتقلص اكثر فاكثر حتى تنفصل عن الاقسام المشار اليها وتتركها حلقةً سديمية تدور دورانًا مستقلاً

ثم تتقلص الاقسام الداخلية ايضًا حتى تنفصل حلقة اخرى ثم ثالثة وهلمَّ جرًّا حتى تنفصل عدة حلقات متراكزة الى ان تبقى كتلة مركزية هي شمس النظام

اما الحلقات فلا تزال تبرد وتتقلص فان كانت مادتها على التساوي تمامًا في كل اقسامها تدوم على تلك الهيئة وان زادت في قسم من اقسامها فالكل يُجذَب نحو ذلك القسم الاثقل حتى تصير شبه كرة يدور على محورهِ مرة ويدور حول الكتلة الاصلية مرة في مدة واحدة وهكذا تتكون السيارات الدائرة حول الشمس

السيار شبه الكرة لا يزال يبرد ويتقلص فيسرع بذلك دورانهُ على محورهِ حتى تنفصل عنهُ حلقة كما انفصلت عن الكتلة الاصلية ولعل هذا العمل يتكرر وتلك الحلقات تُجذَب مادتها الى الجزء الاثقل منها

فتتكون اقمار . ان كانت اجزاء الحلقة على موازنة تامة تبقى حلقة عوضًا عن التجمع الى هيئة شبه كرة كما ترى في حلقات زُحَل

اذا انفصلت عن الكتلة الاصلية عدة حلقات دقيقة عوضًا عن حلقة واحدة غليظة تتكون بذلك النجيمات

متى بردت السيارات واقمارها تصير اجسامًا مظلمة وتتحول من الحالة الغازية الى السيولة ثم الجمودة وقد يكون خارجها جامدًا ويبقى داخلها او بعض داخلها سيالًا كثيفًا تحت الضغط الشديد من ثقل الاجزاء السطحية عليهِ

كون افلاك هذه الاجرام ليست في سطح واحدٍ يعلل عنهُ باضطراب حركة حاصل من جاذبية جرم على جرم في مدّة الادوار منذ انفصالها عن الكتلة الاولى

وقد يحتمل ان كل نجم ثابت انما هو كتلة مركزية حاصلة من قبل الافعال السابق ذكرها والنجوم المزدوجة والمثلثة والمتعددة حاصلة من انفصال الكتلة اجزاء قبل ما بردت وتقلصت الى درجة انفصال الحلقات عنها او كانت الكتلة متطاولة بيضية الشكل وانفصل عنها قسم كبير صار بالحال سيارًا يعدل القسم المركزي تقريبًا

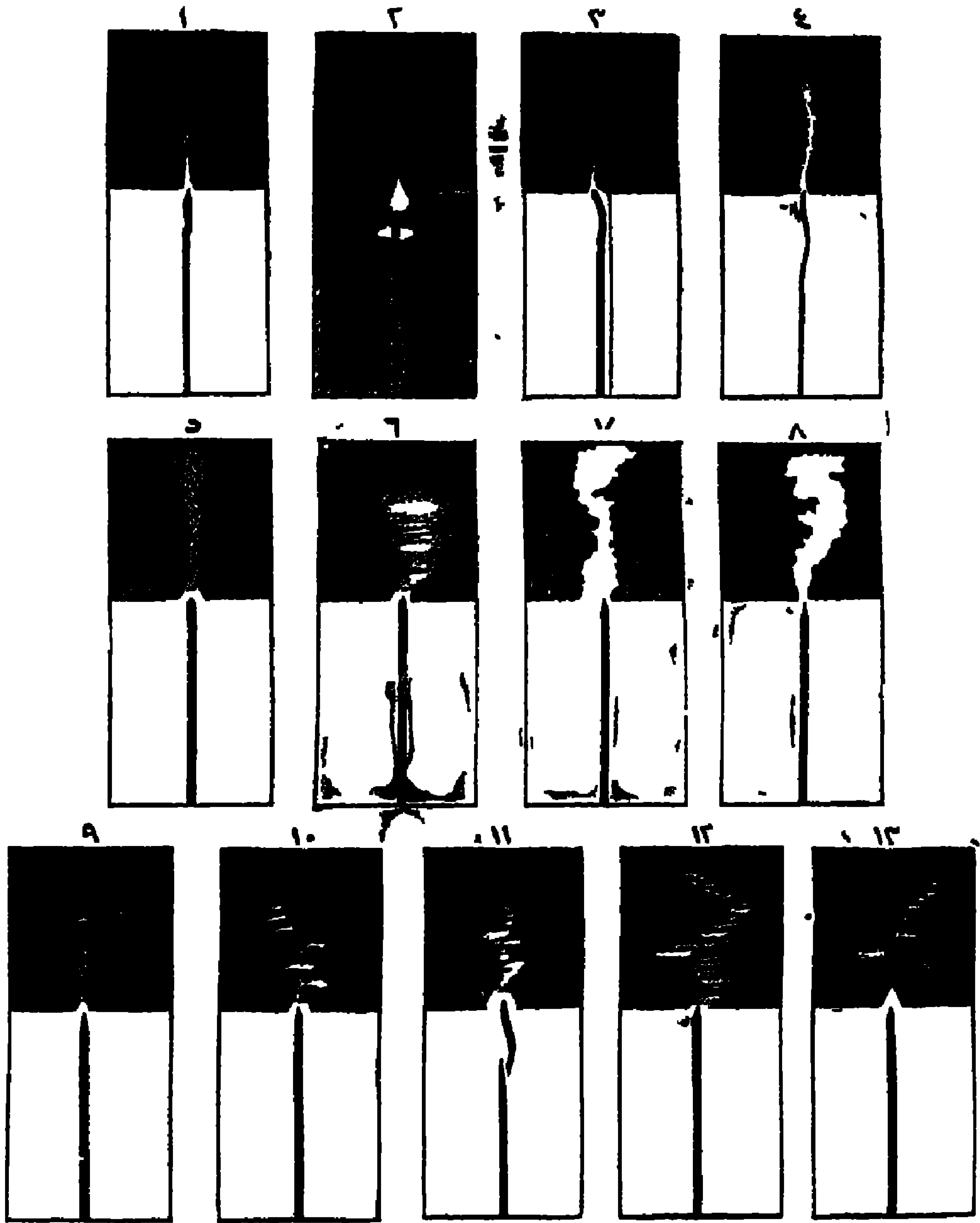
السدام المنتظمة الهيئة التي لا تُحَلّ الى نجوم مفردة ربما تكون على الحالة التي كانت عليها كتلة النظام الشمسي قبل ما اخذت الحلقات السيارية تنفصل عنها

الفصل السادس

السپكتروسكوب وعلم الهيئة

(٣٦٩) السپكتروسكوب المستعمل في علم الهيئة يقتضي وصلهُ بالنظارة الاسطوانية عوضًا عن القطعة العينية ويكون شقهُ في محترق عدسية الشبح تمامًا وعند ذلك يستعمل لاجل معرفة المواد في الاجرام السماوية بمقابلة الخطوط الظاهرة في الطيف بالخطوط المكونة من اشتعال مواد ارضية وقد سبقت الاشارة الى ذلك (صحيفة ٨٧ و ٨٨) فلاجل رؤْية النتوات المشار اليها (صحيفة ١٥٣) يقتضي تحكيم شق السپكتروسكوب بحيث يركب نحو نصفهُ على حافة الشمس قطريًا والنصف الآخر يكون على الكروموسفير اي الكرة الملوّنة او الغازية (صحيفة ٨٧ و ١٥٣) فترى النتوات على هيئات مختلفة بواسطة خط من خطوط الهيدروجين اي $H\alpha$ في الاحمر الذي يوافق الخط C من خطوط

فراونهوفر (انظر شكل ٥٥) او H β بين الاخضر والازرق الذي يوافق الخط F وتُرَى ايضاً فيها H γ في الازرق وخط غير معروف سُمّي D_3 وهو ما يلي D_2 من خطي الصوديوم في الاصفر وقد تُرَى ايضًا بوضع الشق مُماسًا لحافة الشمس



شكل ١٦٤ نتوات على هيئات مختلفة

(٢٧٠) اذا اشتعلت مادة تحت الضغط ولاسيما الهيدروجين ثم نُظِر الى خطوطها بالسبكتروسكوب تُرَى تلك الخطوط اعرض مما هي ان لم تُضغَط المادة كما في الخط H β . ومن ظهور خطوط عريضة كالمشار اليها (شكل ١٦٥) في الكَلَف تحقق هجوم الغازات وجمعها بكثرة في

تلك الاماكن من كرة الشمس وكذلك في بعض النتوات فذلك دليل على عواصف وصعود غازات وهبوطها بسرعة ويعرف ايضاً بالسبكترسكوب هل هي صاعدة او نازلة فان رصد الناظر حافة الشمس يظهر ذلك بحركة اللهيب ولكن اذا رُصِد اواسط كرتها فاللهيب اذا صعد او هبط يبقى على استقامة واحدة نظرًا الى الراصد فلا يظهر الهبوط ولا الصعود ولكنهُ يُعرَف بالسبكترسكوب على الكيفية الآتية



شكل ١٦٥ تعريض الخط $H\beta$ بالضغط

(٢٧١) اذا كانت قافلة مقبلة من بعيد يُسمَع صوت اجراسها يعلو نغمة كلما قربت وبالعكس اذا كانت ذاهبة عن السامع فيُعرَف من تغير نغمة الصوت هل هي مقبلة او ذاهبة وذلك لانهُ اذا اقبلت تقصر امواج الصوت فتعلو النغمة واذا ادبرت تطول الامواج فتُوطأ النغمة

وعلى هذا القياس نفسهِ تموجات المادة الحاصل منها النور فتموجات الاحمر اطول من تموجات البنفسجي وتموجات من جسم اقرب اقصر من تموجات جسم ابعد وكلما طال التموج قرب الى الاحمر وكلما قصر قرب الى البنفسجي من الطيف الشمسي فهاك طول التموجات في الطيف الشمسي حسب قياس انكستروم في كسر من مليمتر

A	٠٫٠٠٠٧٦٠٠٩ مليمتر	b_1	٠٫٠٠٠٥١٨٣٠ مليمتر
a	٠٫٠٠٠٧١٨٥٠ "	b_2	٠٫٠٠٠٥١٧٣٠ "
B	٠٫٠٠٠٦٨٦٦٨ "	b_3	٠٫٠٠٠٥١٦٦٧ "
C	٠٫٠٠٠٦٥٦١٨ "	F	٠٫٠٠٠٤٨٦٠٦ "
D_1	٠٫٠٠٠٥٨٩٥٠ "	G	٠٫٠٠٠٤٣٠٧٠ "
D_2	٠٫٠٠٠٥٨٨٩٠ "	h	٠٫٠٠٠٤١٠١٣ "
E	٠٫٠٠٠٥٢٦٨٩ "	H_1	٠٫٠٠٠٣٩٦٨٠ "
		H_2	٠٫٠٠٠٣٩٣٣٨ "

فاذا كان الجسم النير ذاهب عن الناظر تقل عدة الامواج الداخلة العين في مدة مفروضة فينحرف الخط المعلوم من موضعهِ نحو الاحمر وبالعكس اذا كان مقبلاً اي ينحرف الخط نحو البنفسجي فعند النظر الى خط من خطوط الهيدروجين في كلفة شمسية اذا انحرف نحو الاحمر يكون اللهيب هابطًا واذا انحرف نحو البنفسجي يكون صاعدًا عن سطح الشمس

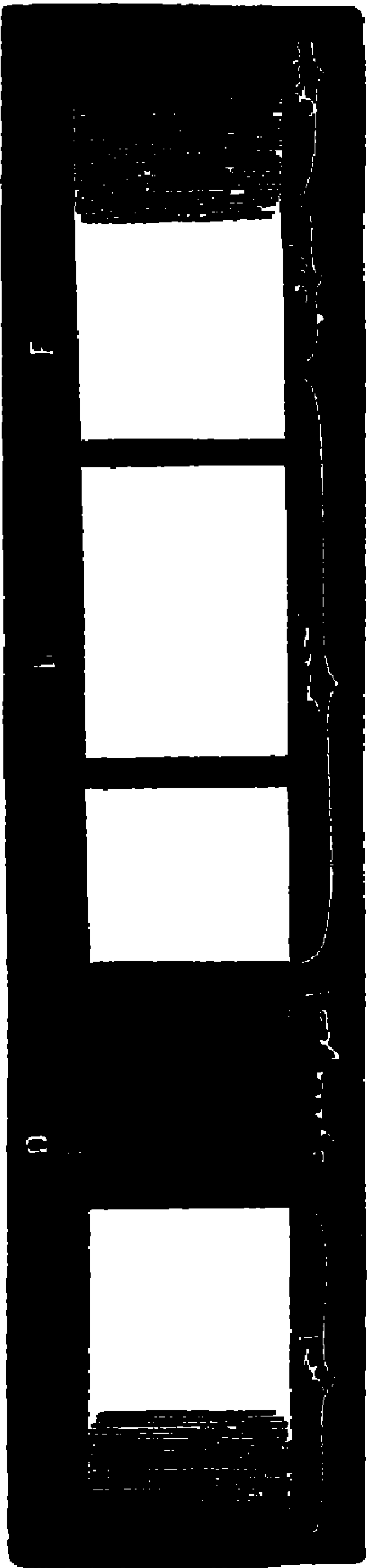
عدة التموجات في النور الاحمر ٤٨٠ الف الف الف الف في الثانية وفي البنفسجي ٨٠٠ الف

الف الف الف في الثانية وموج الخط Hβ الموافق F ٤٨٥ الف الف الف الف في الثانية اي طول الموجة ٠٠٠٤٨٥٠٥ من المليمتر ويقاس انحرافة وان كان $\frac{1}{1000000}$ من المليمتر فقط فان كان الغاز النير ذاهبًا تقلّ عدة التموجات في الثانية وتطول الامواج فينحرف الخط نحو الاحمر وان كان مقبلاً تزيد عدة التموجات وتقصر الامواج فينحرف الخط نحو البنفسجي

اذا تعرّض خط من الخطوط فانحرف الى الجهتين فذلك من ضغط المادة النيرة

طيف القمر والسيارات

(٣٧٣) نور السيارات واقمارها مستمد من الشمس فطيوفها لا تفرق عن الطيف الشمسي الّا بما يحدث من انعكاس النور عن سطوحها ومرور النور بكراتها الهوائية . اما طيف القمر فلا فرق بينهُ وبين طيف الشمس مطلقًا الّا من جهة شدة النور ولا يُرَى فيهِ خطوط امتصاص كما يُرَى من مرور نور الشمس في كرة الارض الهوائية الكثيرة البخار المائي وذلك يؤيّد ما قيل انفًا (ع ٢٣٠) من جهة خلو القمر من هواء ومن بخار الماء


شكل ١٦٦ شكل طيف اورانوس

اما الزهرة والمريخ والمشتري ففيها فضلاً عن خطوط فراونهوفر الظاهرة في الطيف الشمسي خطوط سُمّيت خطوط ارضية لكونها حاصلة من مرور النور في كرة هوائية كثيرة البخار كما في الارض غير انهُ قد ذكر الدكتور هجنس في طيف المشتري خطًا في الاحمر غير موجود بين الخطوط الارضية اما طيف زُحَل فمثل طيف المشتري الّا انهُ اقل وضوحًا وخطوط الامتصاص في طيف الحلقات اقل وضوحًا من تلك الخطوط في طيف السيار نفسهِ ومن رصود سكي وجانسن ترجح وجود البخار المائي في المشتري وزُحَل كليهما

اما اورانوس فطيفهُ خصوصي (انظر شكل ١٦٦) فيهِ سيران عريضان واحد في الاخضر المزرق والآخر في الاخضر ثم يزول كل الاصفر وبعض الاحمر والالوان مقطوعة من طرفي الاحمر والبنفسجي والطيف متصل من C الى G فحال مادة هذا السيار لم يزل مسئلة مجهولة تحت الفحص

اما طيف نبتون فحسب سكي هو شبيه بطيف اورانوس فيهِ ثلاثة خطوط اصلية الاوّل والاضعف

بين الاخضر والاصفر على قرب المنتصف بين D و b وبين هذا والاحمر سبع واضح ينتهي الطيف به والاحمر مقطوع تماماً وخط امتصاصي عند b وخط آخر في الازرق اقل وضوحاً من سائرها

طيوف النجوم الثوابت

(٣٧٣) اذا توجهت النظارة والسپكتروسكوب نحو النجوم الثوابت يُرسَم في طيوفها بعض الخطوط الموافقة خطوط فراونهوفر في الطيف الشمسي ومن رصد هجنس وملّر الدبران وابط الجوزاء (α الجبار) والشعرى اليمانية ظهرت في تلك الثوابت عدة من المواد الارضية المعروفة وخطوط كثيرة لا توافق خطوط مادة ارضية معروفة . وقد تحقق فيها وجود



شكل ١٦٧ طيف الشعرى اليمانية

الصوديوم والمغنيسيوم وتحقق وجود الهيدروجين في الدبران وليس في ابط الجوزاء ووُجِد ايضاً بزموث وانطيمون وتلوريوم وزيبق وكلسيوم وحديد وقد تحقق من رصد جانسن وجود كرة بخارية في قلب العقرب ومن رصود هجنس وانحراف خطوط معروفة نحو الاحمر او البنفسجي قد ظهر ان بعض الثوابت مقبلة نحو الارض او الارض نحوها والبعض ذاهبة عن الارض او الارض ذاهبة عنها او بالاحرى هي مقبلة او مدبرة بالنسبة الى شمسنا ونظامها وها قائمة النوعين مع حركتها اميالاً في الثانية

(١) نجوم مدبرة عن الشمس

اسم	خط المقابلة	حركة ظاهرة	حركة الارض	حركة عن الشمس
الشعرى اليمانية	F	بين ٣٦ و ٢٦	— ١٠ الى ١٤	بين ١٨ و ٢٢
ابط الجوزاء	ص	٣٧	— ١٥	٢٢
رجل الجبار	F	٣٠	— ١٥	١٥
كستور	F	بين ٤٠ و ٤٥	— ١٧	بين ٢٣ و ٢٨
قلب الاسد	F	" ٣٠ و ٣٥	— ١٨	" ١٢ و ١٧
β الدب الاكبر				
γ " "				
δ " "	F	٣٠	بين — ٩ و — ١٣	" ١٧ و ٢١
ε " "				
ζ " "				

اسم	خط المقابلة	حركة ظاهرة	حركة الارض	حركة عن الشمس
β الاسد	ﻫ			
δ الاسد	ﻫ			
η الدب الاكبر	ﻫ			
السماك الاعزل	ﻫ			
α الاكليل الشمالي	ﻫ			
الشعرى الشامية	ﻫ			
العيوق	ﻫ			
الدبران ؟	مغ			
γ ذات الكرسي				

نجوم مقبلة نحو الشمس

نجم	خط المقابلة	حركة ظاهرة	حركة الارض	حركة نحو الشمس
السماك الرامح	مغ	٥٠	+٥	٥٥
النسر الواقع	ﻫ	بين ٤٠ و٥٠	+٣٩	بين ٤٤ و٥٤
α الدجاجة	ﻫ	٣٠	+٩	٣٩
بلوكس	مغ	٣٢	+١٧	٤٩
α الدب الاكبر	مغ	بين ٣٥ و٤٠	+١١	بين ٤٦ و٦٠
γ الاسد	مغ			
ε العوّاء	مغ			
γ الدجاجة	ﻫ			
α الفرس	ﻫ			
γ الفرس ؟	ﻫ			
α المرأة المسلسلة	ﻫ			

من رصد هجنس وملّر قد تحقق انحراف الخط H β نحو الاحمر ¼ البعد بين D_1 وD_2 والفرق بين موج D_1 وD_2 هو $\frac{٤٠٣٦}{١٠٠٠٠٠٠٠}$ من مليمتر فانحراف الخط H β في الشعرى يوافق زيادة طول الموج = ٠٫١٠٩ او $\frac{٠٢١٥}{١٠٠٠٠٠٠}$ من المليمتر فاذا كانت سرعة النور ١٨٥٠٠٠ ميل كل ثانية وطول الموج عند F = $\frac{٤٨٦٢٥٠}{١٠٠٠٠٠٠٠}$ من المليمتر فانحراف الخط المشار اليهِ في الشعرى =

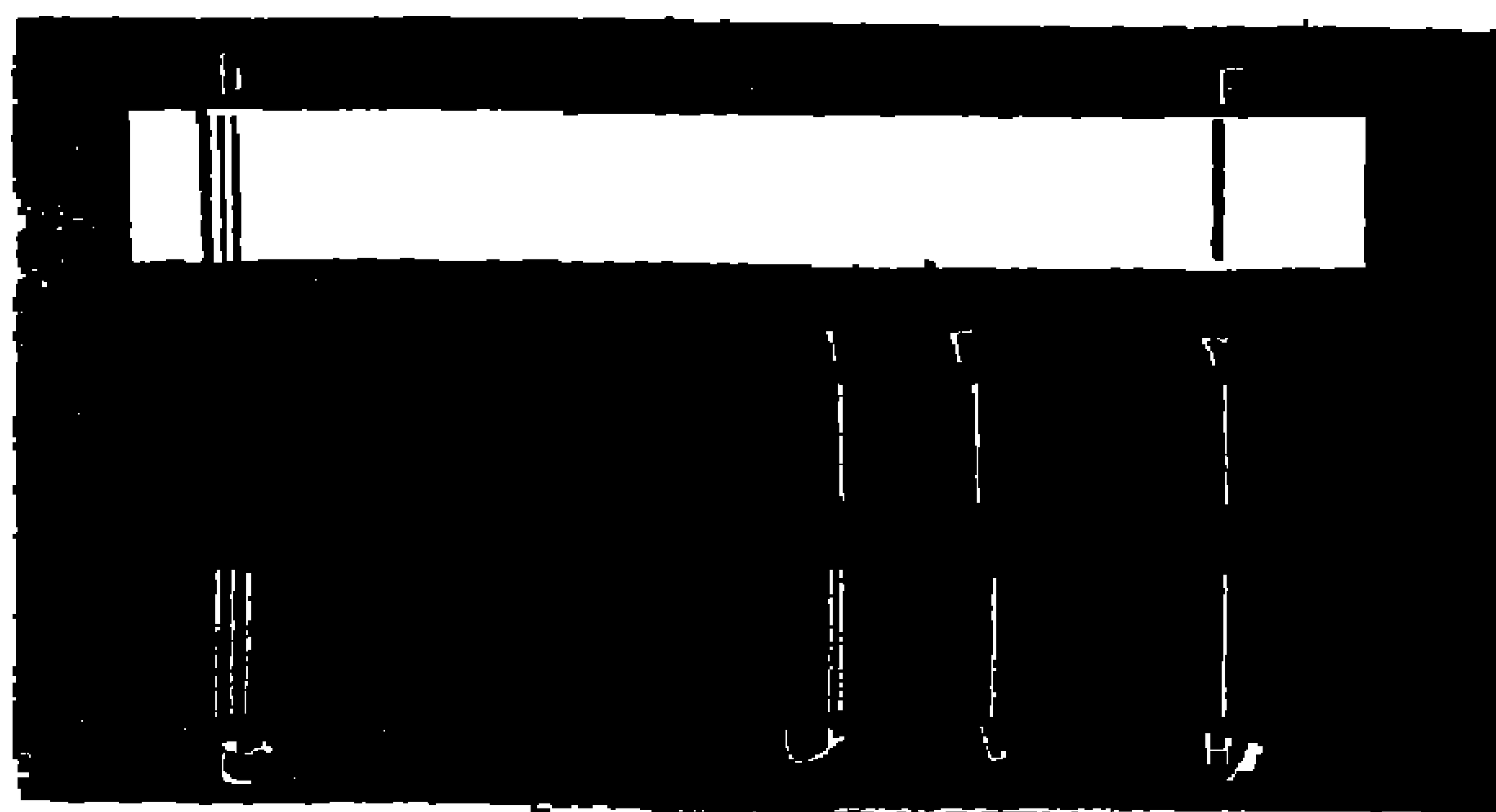
$\frac{١٨٥٠٠٠ \times ٠٫١٠٩}{٤٨٦٫٥٠}$ = ٤١٫٤ ميلاً كل ثانية وكانت الارض وقت الرصد ذاهبة عن الشعرى ١٢ ميلاً كل ثانية فتبقى للشعرى حركة عن الارض نحو ٢٩٫٤ هذا حسب رصد واحد وحسب رصد آخر كما في القائمة المذكورة انفًا .

(٣٧٤) من رصد النجوم المزدوجة المختلفة اللون قد ظهر ان اختلاف اللون حاصل من اختلاف المواد المشتعلة فيها فاذا قابلنا بين طيف α الجاثي (شكل ١٦٨) وطيف β الدجاجة وطيف الشعرى اليمانية يظهر اختلاف خطوطها وبالنتيجة اختلاف موادها



شكل ١٦٨ طيف α الجاثي

(٣٧٥) اما السدام فقد رُصِد كثير منها بالسكتروسكوب فتحقق كون بعضها هيدروجينًا حاميًا الى درجة الانارة وقد تأيد بذلك راي لابلاس السديمي المذكور انفًا (صحيفة ٣٤٩) فاذا كان الطيف الحاصل من الجسم النير متصلاً فيه كل الالوان اي شعاع على كل درجة من قابلية الانكسار تقطعها خطوط سود فالمادة النيرة جامد اوسيال حامٍ الى درجة الانارة خلاف الطيف الحاصل من غازٍ نيرٍ فانهُ مؤلفٌ من بعض الخطوط النيرة فقط . مثالهُ (شكل ١٦٩)



شكل ١٦٩

الخط ١ في طيف سديم يوافق خط النيتروجين من الطيف الشمسي والخط ٣ يوافق Hβ او F من خطوط فراونهوفر والخط ٢ لا يوافق مادة ارضية معروفة ولكنهُ قريب الى خط من خطوط الباريوم

اما السدام السيارية فيُرَى فيها بالكد طيف متصل وذلك دليلٌ على كونها ذات نواة جامدة او سيالة اومؤلفة من قطع مادة صغار متقاربة نحو المركز فقد قسم هجنس السدام الى نوعين

(١) سدام في طيفها خط فاكثر من الخطوط اللامعة

(٢) سدام طيفها بالظاهر متصل بدون خطوط

فمن النوع الاوَّل هذه وهي مميزة حسب قائمة سر يوحنا هرشل

٤٣٧٣	٤٩٦٤	٤٥٧٣	٣٣٤٣
٤٣٩٠	٤٥٣٣	٤٤٩٩	
٤٥١٤	١١٨٩	٤٨٣٧	
٤٥١٠	٢١٠٣	٤٦٣٧	
٤٦٣٨	٤٣١٤	٣٨٥	
٤٤٤٧	٤٤٠٣	٣٨٦	

ومن النوع الثاني

٤٣٩٤	٤٦٧٨	٢٨٤١	٤٣٥٦	٤٦٣٥
٤٣٤٤	١٠٥	٣٤٧٤	٤٣١٥	٤٦٠٠
١١٦	٣٠٧	٣٦٣٦	٤٣٥٧	٤٧٦٠
١١٧	٥٧٥	٤٠٥٨	٤٤٣٧	٤٨١٥
٤٣٨	١٩٤٩	٤١٥٩	٤٤٤١	٤٨٣١
٨٣٦	١٩٥٠	٤٣٣٠	٤٤٧٣	٤٨٧٩
٤٦٧٠	٣٥٧٣	٤٣٣٨	٤٨٨٥	٤٨٨٣
		٤٣٣٤	٤٥٣٦	

السديم ٤٩٦٤ في طيفهِ اربعة خطوط نيرة اثنان منها لهيدروجين وواحد لنيتروجين

السديم الحلقي في الشلياق ٤٤٤٧ في طيفهِ خط واحد لامع وهو لنيتروجين

السديم الكبير في الجبار ١١٨٩ في طيفهِ ثلاثة خطوط نيرة الواحد لنيتروجين وآخر لهيدروجين وقد حكى بعضهم عن خط رابع لهيدروجين

(٢٧٦) اما ذوات الاذناب فقلما ظهر منها ما يمكن فحصهُ بالسبكترسكوب منذ اكتشاف هذه الطريقة غير ان العلامة دوناتي في فيورنسا فحص المذنب الاوّل لسنة ١٨٦٤ فوجد طيفهُ ثلاثة خطوط نيرة

وقد فحص سكي وهجنس مذنب تمبل ١٨٦٦ ك٢ فكان طيفهُ متصلاً ضعيفًا راى سكي فيهِ ثلاثة خطوط نيرة وراى هجنس خطًّا واحدًا فقط على منتصف البعد بين b وF ولم يوافق احدها خطوط السديم في الجبار وفي سنة ١٨٦٦ و١٨٦٧ فحص هجنس مذنبين صغيرين فكان نورهما مثل نور مذنب تمبل اي بعضهُ ذاتي وبعضهُ منعكس وقد ظهر في بعضها خطوط الكربون . جملة ما علم بهذه الواسطة ان نواة المذنب بعض نورهِ ذاتي حاصل من مواد صغار غير متلاصقة وبعضهُ منعكس

اما ذنبهُ وشعرهُ فنورها منعكس وكل ما قرب الى الشمس تحول تلك الدقائق الصغار الى بخار
اما النيازك والشهب فقد تحقق كونها مواد جامدة في حالة الاشتعال

مضافات

في الساعات والايام والاسابيع والشهور والسنة الخ

(٢٧٧) الساعات . اليوم مقسوم الى ٢٤ ساعة والساعة ٦٠ دقيقة والدقيقة ٦٠ ثانية ولا سبيل الى معرفة اصل هذا الانقسام من تلقاء قدمهِ غير ان بعض الشعوب عدَّوا الساعات من ١ الى ٢٤ وآخرون من ١ الى ١٢ مرتين اما ابتداء اليوم فعند اليهود واهل الصين والاثينويين القدماء والشرقيين عموماً واهل ايطاليا فمن غياب الشمس ولا سبيل لضبط الساعات على هذا الحساب كما تقدم (عـــ٥٧ الخ) اما اهل بابل واشور والفرس واليونان واهل الجزائر البليارية فمن الشروق

اما هبرخوس (ق م ١٥٠) فشرع يحسب اوّل اليوم من نصف الليل وقسمهُ الى قسمين كل قسم ١٢ ساعة وهذا الحساب سلك عليهِ كوبرنيكوس وهو المعتمد عليهِ في كل اقسام العالم المتمدنة غير انهُ يقتضي تعين الساعة هل هي بين نصف الليل والظهر (ق ظ) او بين الظهر ونصف الليل (ب ظ) والمصريون حسبوا اوّل يومهم عند مرور الشمس بالهاجرة وتبعهم في ذلك بطليوس وكل علماء الهيئة في كل عصر فاليوم المدني يسبق اليوم الفلكي ١٢ ساعة كما تقدم (صحيفة ٢٧) وعلى كل حال اليوم هو قاعدة حساب الوقت وسائر اقسام الوقت هي اما كسر يوم او عدّ يوم واذ ذاك فيقتضي ان يكون ثابتاً لا يتغير وان نتمكن من الضبط عليهِ

(٢٧٨) الاسبوع . لا يعرف اصل انقسام الوقت الى اسابيع من تلقاء قدمهِ غير انهُ أُشير اليهِ في اوّل سفر التكوين تذكاراً لعمل الخليقة وهو عدٌ قريبٌ للايام في سنة شمسية اي ٣٦٥ لان ٧ × ٥٢ = ٣٦٤ وهو ربع الشهر القمري

ذكر القنصل الروماني ديون كاسيوس (ب م ٢٢٩) ان المصريين القدماء اعتمدوا على الاسبوع ومنهم نُقِل الى اليونان وغيرهم وانهم سموا الايام السبعة على اسماء السيارات (١) زُحَل (٢) المشتري (٣) المرّيخ (٤) الشمس (٥) الزهرة (٦) عطارد (٧) القمر وكل ساعة من الاربع والعشرين لواحد من السيارات مبتدئاً بزُحَل فانقسم اليوم الى سُبَاعيات ولكن ٢٤ لا تفنيها ٧ فاذا ابتُدِئَ

بزُحَل ٧ ثم المشتري ١٤ ثم المرّيخ ٢١ ثم الشمس ٣ من اليوم التالي ثم الزهرة ١٠ ثم عطارد ١٧ ثم القمر ٢٤ فتختص الساعة الاولى من كل يوم لكل واحد من السيارات على هذا الترتيب

(١) زُحَل (٢) الشمس (٣) القمر (٤) المرّيخ (٥) عطارد
(٦) المشتري (٧) الزهرة

وهذا الترتيب حفظة الرومانيون فسموا ايام الاسبوع

(١)	يوم زُحَل	(السبت)	(٥)	يوم عطارد	(الاربعاء)
(٢)	" الشمس	(الاحد)	(٦)	" المشتري	(الخميس)
(٣)	" القمر	(الاثنين)	(٧)	" الزهرة	(الجمعة)
(٤)	" المرّيخ	(الثلاثا)			

ومن هذه التسمية تسمية ايام الاسبوع في كل اللغات الاوروبية

(٢٧٩) الشهور. عند الشعوب غير المتمدنة الاعتماد على الشهر القمري ولا يعرفون آخر وعند تقدم شعب في التمدن لا بد من الاعتماد على شهر غير القمر لاجل عدم موافقة الشهر القمري السنة الشمسية والشهر القانوني اما ٣١ يومًا واما ٣٠ يومًا واما ٢٨ يومًا فشهر شباط له ٢٨ يومًا في السنين الاعتيادية و٢٩ في السنة الكبيسة والاشهر ذات ٣٠ يومًا هي نيسان وحزيران وايلول وتشرين الثاني وسائرها ذوات ٣١ يومًا فاذا عرفت اوّل يوم السنة من الاسبوع يمكنك ان تحسب اي يوم من الشهر يومك بهذه القاعدة

ا كَ٢ من الاسبوع هو ا تَ

و٢ نيسان وتموز

و٣ ايلول وكَ١

و٤ حزيران

و٥ شباط واذار وتَ٢

و٦ آب

و٧ ايار

اليوم الاخير من السنة الاعتيادية هو نفس اليوم الاوّل منها اما اليوم الاخير من السنة الكبيسة فاليوم الواقع بعد اليوم الاوّل منها والسنة الاعتيادية ٥٢ اسبوعًا ويوم واحد والكبيسة ٥٢ اسبوعًا ويومان

(٢٨٠) ان القدماء حسبوا السنة ٣٦٥ يومًا ولا يعدّ هذه الكمية الّا ٥ او ٧٢ فيقتضي ان

تُقسَم السنة الى ٧٢ قسمًا كل قسم ٥ ايام اوالى ٥ اقسام كل قسم ٧٣ يومًا وذلك لا يوافق اغراض الناس كما يتضح من عدم اصطلاحهم على هذا الانقسام منذ الابتداء الى الآن فلا بد من انقسام السنة الى اقسام متساوية مع بقية تضاف في آخرها كما فعل المصريون اي ١٢ شهرًا كل شهر ٣٠ يومًا واضافة خمسة ايام في آخر السنة او انقسام السنة الى عدة اقسام غير متساوية كما فعل اليهود قسموا السنة الى اشهر بعضها ٣٠ يومًا وبعضها ٢٩ يومًا واضافوا ٢٩ يومًا كل سنة رابعة

وبعض شعب اليونان حسبوا الاشهر ٣٠ يومًا و٢٩ يومًا دوليك واضافوا ٣٠ يومًا كل سنة رابعة فشهر ٣٠ يومًا سُمّي ملآنًا وشهر ٢٩ سُمّي اجوف

(٢٨٣) اما الرومانيون فقسموا السنة ١٠ اشهر لاربعة منها ٣١ يومًا ولستة منها ٣٠ يومًا والجملة ٣٠٤ ايام واذ وُجِد هذا الانقسام غير حسن اضاف الملك نوما شهرين اي ك٢ وشباط الاوّل في الآخر السنة والثاني في اوّل السنة ولكي تطابق السنة السنة الشمسية اضاف نوما اليها ٥١ يومًا وذلك كثير لشهر واحد وقليل لشهرين فاسقط يومًا من كل شهر ذي ٣٠ يومًا وهي ستة و ٥١ + ٦ = ٥٧ فانقسم ٥٧ يومًا شهرين وترتبت على هذا النسق

ك٢	٢٩ يومًا	تموز	٣١ يومًا
شباط	٢٨ "	آب	٢٩ "
اذار	٣١ "	ايلول	٢٩ "
نيسان	٢٩ "	ت١	٣١ "
ايار	٣١ "	ت٢	٢٩ "
حزيران	٢٩ "	ك١	٢٩ "
			٣٥٥

ولم تزل السنة قصيرة ١٠ ايام فاضاف شهرًا ذا ٢٢ او ٢٣ يومًا كل سنة ثانية

السنة الهجرية ١٢ شهرًا قمريًا ٣٠ و ٢٩ يوما دوليك بدون طريقة لاصلاح الخلل فهي قاصرة عن الشمسية ¼ ١١ يومًا

(٢٨٣) من اقدم الوسائط لاجل قياس مرور الوقت وانقسامه العَلَم القائم على سطح مستوٍ يوازي الافق فيدل على مرور الوقت بانتقال ظله ومن العَلَم تقدم الناس الى اصطناع المزاول اي يتوجه العَلَم نحو قطب السماء الشمالي وعلى قول المؤرخ هيرودوطس أُدخِلَت المزاول الى بلاد اليونان من بلاد الكلدان ثم اخترع كتسيبوس من الاسكندرية ساعةً تدل على مرور الوقت بمرور كمية من الماء في انبوبة على قطر معلوم ثم اختُرِعَت الساعة الرملية ثم استخدم هيوجنس الرقاص سنة ١٦٥٦

ومن ذلك الوقت صار عليه الاعتماد للدلالة على الوقت واعانةً للعامة يُصنَع المنهاج السنوي حاوي وقت الشروق والغياب للشمس والقمر واوقات اوجه القمر ومواقع السيارات وما يشبه ذلك من الامور المفيدة

المنهاج الكنائسي هو لتعيين ايام الاعياد غير الثابتة في بعض الكنائس فان بعض الاعياد مثل عيد ماري اندراوس وعيد الميلاد الخ تقع في يوم معين من الشهر كل سنة وبعض الاعياد مثل عيد الفصح يتغير موقعهُ من سنة الى سنة

ان عيد الفصح عند اليهود هو في الشهر الاوّل في ١٤ الشهر عند المساء انظر خروج ١٢ : ١٨ وشهرهم قمري وقد صُلِب المسيح على عيد الفصح فصار ذلك العيد عند المسيحيين نقّالاً ايضاً ثم في القرن الثاني وقعت مشاجرة من جهة وقت اقامة هذا العيد فاختارت الكنيسة الشرقية ان تقيمهُ في اليوم الرابع عشر من الشهر الاوّل اليهودي والغربية اختارت ان يبتدئ العيد في الليلة قبل صباح قيامة المخلص لانهُ على الاوّل كان العيد يقع احياناً كثيرة في غير يوم الاحد من ايام الاسبوع وبقي الاختلاف الى التئام المجمع النيقاوي سنة ٣٢٥ م فحكم المجمع ان يقام العيد في يوم الاحد التابع البدر الواقع بعد ٢١ اذار اي الاعتدال الربيعي فان وقع البدر في اليوم الحادي والعشرين يكون البدر التالي بدر الفصح وان وقع ذلك البدر يوم الاحد يكون الاحد التالي احد الفصح

ولا يعتمد في هذا الحساب على الشمس الحقيقية ولا على القمر الحقيقي بل على الشمس الوهمية والقمر الوهمي المعروف بالقمر الكنائسي (صحيفة ١٤٠) فقد يحدث ان وقوع العيد لا يوافق القاعدة المذكورة مثالهُ ان حصل استقبال الشمس الحقيقية والقمر الحقيقي في ٢١ اذار ١١ٰ ٥٩ٰ واستقبال الشمس والقمر الاوسطين بعد ذلك ٣ٰ فباعتبار الثاني يتاخر العيد ثمانية ايام ولا سبيل هنا للبحث في هذا الامر الذي في الحقيقة لا طائل تحتهُ ولا يهم الّا كنائسيين او رهباناً متفرّغين لمنازعات فارغة مثل هذه

جداول مبادي السيّارات

λ طول السيار الشمسي π طول نقطة الراس ☊ = طول العقدة الصاعدة الشمسي ι = ميل فلك على دائرة البروج φ = مباينة ε جيبها الطبيعي

اسم	سمة	λ ١ك٢ ١٨٠٠	π	☊	ι	φ	ε	تغير قرني π	تغير قرني ☊	تغير قرني ℓ
عطارد	☿	١١٣° ١٦′ ٤″	٧٤° ٢٠′ ٤٣″	٤٥° ٥٧′ ٣٨″	٧° ٠′ ٥″	١١° ٤٩′ ٥٥″	٠٫٢٠٥٤٩٢٥	+٥٦′ ٦٤٣″	—٣٧′ ٧٨٣″	+١٨٣٨ ١٨″
الزهرة	♀	١٤٦ ٤٤ ٥٫٦	١٢٨ ٤٣ ٦	٧٤ ٥١ ٤١	٣ ٢٣ ٢٩	٠ ٢٣ ٢٧	٠٫٠٠٦٨٧٢٣	—٦٠ ٣٦٧	—٨٠ ١٨٦٩	—٢٢٥٥ ٤
الارض	⊕	١٠٠ ٥٣ ٣٠	٩٩ ٣٠ ٣٩	٠ . .	٠ ٠ ٠	٠ ٥٧ ٤٣	٠٫٠١٦٧٩١٧	+٨١ ١١٧٧		
المرّيخ	♂	٢٣٢ ٥ ٢٤	٣٣٢ ٢٣ ٥١	٤٧ ٥٩ ٣٨	١ ٥١ ٦	٥ ٢٠ ٢٥	٠٫٠٩٣١١٣٥	+٤٣ ١٥٨٢	—٤٤ ٢٣٢٨	—١٥٢٣ ٠
المشتري	♃	٨١ ٥٤ ٤٩	١١ ٧ ٣٨	٩٨ ٢٥ ٤٥	١ ١٨ ٥٢	٢ ٤٥ ٢٧	٠٫٠٤٨١٦٣٦	+٨٦ ٦٦٣	—٥٧ ١٥٧٧	—٦٠٨٧ ٣٣
زُحَل	♄	١٢٣ ٦ ٢٩	٨٩ ٨ ٣٠	١١١ ٥٦ ٧	٢ ٢٩ ٣٦	٣ ١٣ ٦	٠٫٠٥٦١٥٠١	+٠٧ ١٩٤٣	—٤٦ ٢٣٦٦	—١٣١٥١ ١٥
اورانوس	♅	١٧٣ ٣٠ ٢٧	١٦٧ ٣٠ ٢٤	٧٢ ٥٩ ٢١	٠ ٤٦ ٢٨	٢ ٤٠ ٢٣	٠٫٠٤٦٦٦٨٦	+٦٣ ٣٢٨	—٧٦ ٣٥٩٧	+١٣٣١ ٣
نبتون	♆	٣٣٥ ٨ ٥٨	٤٧ ١٤ ٣٧	١٣٠ ٦ ٥٢	١ ٤٦ ٥٩	٠ ٢٩ ٥٨	٠٫٠٠٨٧١٩٥	?	?	?

سمة	تغير فرقي e	نصف قطر اعظم ⊕ = ١	حركة يومية شمسية	مدة نجمية ايامًا	مدة اعتدالية ايامًا	مدة قانونية ايامًا	بعد عن شمس اعظم	بعد عن شمس اقرب	بعد عن شمس اوسط
☿	+٠٫.....٣٨٦٧	٠٫٣٨٧٠٩٨٥	٤° ٥′ ٣٢″	٨٧٫٩٦٩	٨٧٫٩٦٨	١١٥٫٨٧	٤٢٦٦٥٥٦٠	٢٨١١٩٧١٦	٣٥٣٩٢٦٣٨
♀	−٠٫....٦٢٧١١	٠٫٧٢٣٣٣١٧	١ ٣٦ ٧	٢٢٤٫٧٠٠	٢٢٤٫٦٩٥	٥٨٣٫٩٢	٦٦٥٨٥٩٤٧	٦٥٦٧٧٠٠٩	٦٦١٣١٤٧٨
⊕	+٠٫....٤١٦٣٣	١٫.......	٠ ٥٩ ٨	٣٦٥٫٢٥٦	٣٦٥٫٢٤٢		٩٢٩٦٥٤٨٩	٨٩٨٩٤٩٥١	٩١٤٣٠٢٢٠
♂	+٠٫....٩٠١٧٦	١٫٥٢٣٦٩١	٠ ٣١ ٢٦	٦٨٦٫٩٧٩	٦٨٦٫٩٢٩	٧٧٩٫٨٣	١٥٢٢٨٣٩٣٦	١٢٦٣٤٠٥١٦	١٣٩٣١٢٢٢٦
♃	+٠٫...١٥٩٣٥٠	٥٫٢٠٢٧٩٨	٠ ٤ ٥٩	٤٣٣٢٫٥٨٤	٤٣٣٠٫٦١٠	٣٩٨٫٨	٤٩٨٦٠٣٧٦٨	٤٥٢٧٨٢٥٣٠	٤٧٥٦٩٣١٤٩
♄	−٠٫...٣١٢٤٠٣	٩٫٥٣٨٨٥٢	٠ ٢ ٠	١٠٧٥٩٫٢١٩	١٠٧٤٦٫٧٣٢	٣٧٨٫٠	٩٢١١٠٥٠٢٧	٨٣٣١٦٤١٣٩	٨٧٢١٣٤٥٨٢
♅	−٠٫....٢٥٠٧٢	١٩٫١٨٢٧٣٠	٠ ٠ ٤٢	٣٠٦٨٦٫٨٢٠	٣٠٥٨٩٫٣٥٧	٣٦٩٫٧	١٨٣٥٧٠٠٨٢٥	١٦٧٢٠٠١٣٧٩	١٧٥٣٨٥١٠٥٢
♆	?	٣٠٫٠٣٦٢٨٠	٠ ٠ ٢١	٦٠١٢٦٫٧١٠	٥٩٧٤٢٫٧١٠	٣٦٧٫٥	٢٧٧٠٢١٧٣٤٤	٢٧٢٣٣٢٥١٢٠	٢٧٤٦٢٧١٣٣٣
☾			١٣ ١٠ ٣٥	٢٧٫٣٢١٦٦	٢٧٫٣٢١٥٨	٢٩٫٥٣٠٥٨	من ⊕ ٢٥١٩٤٧	من ⊕ ٢٢٥٧١٩	من ⊕ ٢٣٨٨٣٣

	بعد عن الارض عند ☌ اعلى للسفلى وعند ☌ للعليا			بعد عن الارض عن ☌ اسفل للسفلى وعند ☍ للعليا			قطر ظاهر من الارض			من ☉	قطر
	اعظم	اقل	اوسط	اعظم	اقل	اوسط	اعظم	اقل	اوسط	اوسط	⊕ = ١
☿	١٣٥٦٣١٠٤٩	١١٨٠١٤٦٦٧	١٢٦٨٢٢٨٥٨	٦٤٨٤٥٧٧٣	٤٧٢٢٩٣٩١	٥٦٠٢٧٥٨٢	١٢٫٩″	٤٫٥″	٨٫٧″	١٧٫٣″	٠٫٢٧٤
♀	١٥٩٠٠١٤٣٦	١٠٠٠٧١٩٦٠	١٥٧٥٦١٦٩٨	٢٧٢٨٨٤٨٠	٢٣٣٠٩٠٠٤	٢٥٢٩٨٧٤٢	٦٦٫٥	٩٫٧	٢٨٫١	٣٣٫٤	٠٫٩٤٨
⊕										١٧٫٩	١٫٠٠٠
♂	٢٤٥٢٤٩٤٢٥	٢١٦٢٣٥٤٦٧	٢٣٠٧٤٢٤٤٦	٣٣٣٧٥٠٢٧	٢٦٣٨٨٩٨٥	٤٧٨٨٢٠٠٦	٣٠٫٤	٤٫١	١٧٫٣	٧٫٣	٠٫٦٢١
♃	٥٩١٥٦٩٢٥٧	٥٤٢٦٧٧٤٨١	٥٦٧١٢٣٣٦٩	٣٥٩٨١٧٠٤١	٤٠٨٧٠٨٨١٧	٣٨٤٢٦٢٩٢٩	٥٠٫٧	٣٠٫٨	٤٠٫٧	٣٨٫٣	١١٫١٥٣
♄	١٠١٤٠٧٠٥١٦	٩١٣٠٥٩٠٩٠	٩٦٣٥٦٤٨٠٣	٧٣٠١٩٨٦٥٠	٨٣١٢١٠٠٧٦	٧٨٠٧٠٤٣٦٣	٢٠٫٣	١٤٫٦	١٧٫٥	١٧٫٠	٩٫٠٧٣
♅	١٩٢٨٦٦٦٣١٤	١٧٦١٨٩٦٣٣٠	١٨٤٥٢٨١٣٧٣	١٥٧٩٠٣٥٧٩٠	١٧٤٥٨٠٥٨٧٤	١٦٦٦٢٤٢٠٨٣٢	٤٫٣	٣٫٥	٣٫٩	٣٫٩	٤٫١٦٧
♆	٢٨٦٣١٨٢٨٣٣	٢٨١٣٢٣٠٠٧١	٢٨٣٧٧٠١٤٥٢	٢٦٨٠٣٢٢٣٩٣	٢٦٣٩٣٥٩٦٣١	٢٦٥٤٨٤١٠١٢	٢٫٩	٢٫٦	٢٫٨	٢٫٨	٤٫٦٢١
☉							٣٢′ ٣٥″	٣١′ ٣١″	٣٢′ ٣″		١٠٧٫٥٨٢
☾							٣٣′ ٣١″	٢٩′ ٣١″	٣١′ ٢٦″	٤٫٧	٠٫٢٠٧

سمة	مساحة الارض = ١	مساحة اميال مربعة	جرم الارض = ١	جرم اميال مكعبة	مادة ☉ = ١	مادة الارض = ١	كثافة ⊕ = ١	كثافة ماء = ١
☿	٠٫١٤٠	٣٧٥٦٣٥٩٥	٠٫٠٥٢	١٣٦٠٧٠٠٠٠٠٠	١/٤٨٦٥٧٥١	٠٫٠٦٥	١٫٢٤	٧٫٠٣
♀	٠٫٨٩٨	١٧٧١٨٦١٢٢	٠٫٨٥١	٢٢١٧٧٨٠٠٠٠٠٠	١/٤٠١٢١١	٠٫٧٨٥	٠٫٩٢	٥٫٢٣
⊕	١٫٠٠٠	١٩٧٣٠٩٧٢٧	١٫٠٠٠	٢٦٠٦١٣٠٠٠٠٠٠	١/٣١٤٧٦٠	١٫٠٠٠	١٫٠٠	٥٫٦٧
♂	٠٫٢٨٥	٧٦٠٤٦٦٤٩	٠٫٢٣٩	٦٢٣٥٨٠٠٠٠٠٠	١/٢٥٤٦٢٤٧	٠٫١٢٤	٠٫٥٢	٢٫٩٣
♃	١٢٤٫٣٩٦	٢٤٥٤٤٦١٠١٧٠	١٣٨٧٫٤٢١	٣٦١٥٨٢٩١٧٠٠٠٠٠٠	١/١٠٤٦	٣٠٠٫٨٥٧	٠٫٢٢	١٫٢٣
♄	٨٢٫٣٢٠	١٦٢٤٢٦٢١٧٢٣	٧٤٦٫٨٩٨	١٩٤٦٥١٥٧٧٠٠٠٠٠٠	١/٣٤٩٦	٩٠٫٠٢٢	٠٫١٢	٠٫٦٧
♅	١٧٫٣٦٥	٣٤٢٦١٧٣٢٣٠	٧٢٫٣٥٩	١٨٨٥٧٦٥٧٠٠٠٠٠٠	١/٢٤٨٩٩	١٢٫٦٤١	٠٫١٨	٠٫٩٩
♆	٢١٫٣٥٦	٤٢١٢٩٥١٤٥٦	٩٨٫٦٦٤	٢٥٧١٣٠٤٧٠٠٠٠٠٠	١/١٨٧٨٠	١٦٫٧٦١	٠٫١٧	٠٫٩٦
☉	١١٥٧٣٫٧٨٩	٢٢٨٣٦٢١٤٦٦٠٠٠	١٢٤٥١٢٦٫٣٦١	٣٢٤٤٩٦٤١٧٩١٠٠٠٠٠٠٠	١	٣١٤٧٦٠٫٠٠٠	٠٫٢٥	١٫٤٣
☾	٠٫٠٧٤	١٤٦٥٧٤٠٢	٠٫٠٢٠٣٤	٥٣٠٠٠٠٠٠٠٠	١/٢٤٤٩٠٧٤٤	٠٫٠١٢٨	٠٫٦٣	٣٫٥٧

سمة	قطر ☉ الظاهر من السيار ′ ″	قطر ☉ الظاهر من السيار ⊕ = ١	نور وحرارة من ☉ ⊕ = ١	مدة دوران على محور	ميل محور على سطح دائرة البروج	تسطيح قطبي	قوة الجاذبية: سقوط اقدام في ثانية	قوة الجاذبية: ⊕ = ١	سرعة في فلك: اميال كل ساعة	سرعة في فلك: اقدام كل ثانية	سرعة في فلك: الارض = ١	سرعة دوران عند خط الاستواء: اميال كل ساعة	سرعة دوران عند خط الاستواء: اقدام كل ثانية	وقت السقوط الى الشمس بفعل الجاذبية
☿	٨٣ ٤٩	٣٫٥٨٣	٦٫٦٧	٢٤س ٥د ٣٠ث	٦٣° ؟′	١/٢٩	٧٫٤٥	٠٫٤٦	١٠٥٣٣٠	١٥٤٤٨٤	١٫٦٠٧	٣٨٦	٥٦٦	١٥٫٦ يوم
♀	٤٤ ١٩	١٫٣٨٣	١٫٩١	٢٣ ٢١ ٢٣	٧٣ ٣٣	لايعتد به	١٤٫٠٥	٠٫٨٧	٧٧٠٥٠	١١٣٠٠٧	١٫١٧٦	١٠١٠	١٤٨٣	٣٩٫٨
⊕	٣٢ ٣	١٫٠٠٠	١٫٠٠	٢٣ ٥٦ ٤	٦٦ ٣٢	١/٢٩٩	١٦٫٠٨	١٫٠٠	٦٥٥٣٣	٩٦١١٥	١٫٠٠٠	١٠٤٠	١٥٢٦	٦٤٫٦
♂	٢١ ٢	٠٫٦٥٦	٠٫٤٣	٢٤ ٣٧ ٢٣	٦١ ١٨	١/٥٥	٤٫٨٨	٠٫٣٠	٥٣٠٩٠	٧٧٨٦٦	٠٫٨١٠	٦٣٨	٩٣١	١٢١٫٨
♃	٦ ١٠	٠٫١٩٣	٠٫٠٣٧	٩ ٥٥ ٢١	٨٦ ٥٥	١/١٦٫٨	٣٨٫٨٩	٢٫٤٣	٢٨٧٤٤	٤٢١٥٨	٠٫٤٣٩	٢٧٩٨٥	٤١٠٤٥	٧٦٨٫٧
♄	٣ ٢٢	٠٫١٠٥	٠٫٠١١	١٠ ٢٩ ١٧	٥٨ ٤١	١/٩٫٢٢	١٧٫٥٩	١٫٠٩	٢١٢٢١	٣١١٢٤	٠٫٣٢٤	٢١٥٢٨	٣١٥٨٩	١٩٠٨٫٤
♅	١ ٤٠	٠٫٠٥٢	٠٫٠٠٣	٩ ٣٠ ؟	؟	؟	١١٫٧١	٠٫٧٣	١٤٩٦٣	٢١٩٤٥	٠٫٢٢٨	١٠٩٢١	١٦٠١٧	٥٤٤٣٫٥
♆	١ ٤	٠٫٠٣٣	٠٫٠٠١	؟	؟	؟	١٢٫٦٣	٠٫٧٩	١١٩٥٨	١٧٥٣٨	٠٫١٨٣	؟	؟	١٠٦٦٣٫٥
☉				٢٥ي ٧س ٤٨د	٨٣ ٣٠	ما لا يشعر به	٤٣٧٫٣١	٢٧٫٢٠				٤٤٠٧	٦٤٦٣	
☾				٢٧ ٧ ٤٣	٨٨ ٣٠	؟	٢٫٤٨	٠٫١٥	٢٢٧٣	٣٣٣٤	٠٫٠٣٣	١٠	١٥	

قائمة نجوم مزدوجة

تنبيهٌ. في عمود الوضع العلامة + دالة على حركة مستقيمة و — على حركة متقهقرة پ قائمة پيانسي والعدد بعد ذلك ساعة ص م

عدد	اسم النجم	قائمة ستروف ١٨٦٠و١٨٦٥	عدد في ص م	ميل	+١٨٠٠	قدر	سنة	وضع	بعد بينهما
١	٢١٦ قيفاوس	٣	٠ ١ ٣٠	+٧٨ ٠ ٥٦	٦٥	٦ ٦	—٥٦	٢٩٥	٠ ٣٨
٢	٢١٨ قيفاوس	١٣	٠ ٨ ١٨	+٧٦ ٠ ١٠	٦٣	٦ ٦½	—٥٦	١٠٣	٠ ٥٠
٣	η ذات الكرسي	٦٠	٠ ٤٠ ٥٢	+٥٧ ٠ ٦	٦٥	٤ ٧½	+٥٩	١٢٥	٦ ٧٥
٤	٣٦ المرأة المسلسلة	٧٣	٠ ٤٧ ٣٦	+٣٣ ٩ ٥٣	٦٦	٦ ٧	+٥١	٢٤٩	١ ٣١
٥	٢٥١ پ. الحوتين		٠ ٥٣ ٢٩	+٠ ٣ ٣	٥٣	٨ ٩	+١٠	٣٠٥	١٨ ٨٠
٦	٤٣ قيطوس	١١٣	١ ١٢ ٥٤	—١ ٠ ١٤	٦٣	٦ ٨	+٣	٣٤٣	١ ٣٧
٧	١٣٣ پ ا الحوتين	١٣٨	١ ٢٨ ٥٩	+٦ ٣ ٥٧	٦٣	٦½ ٨	+٦٩	٢٨	١ ٥٧
٨	٢٠٩ پ ا "	١٨٦	١ ٤٧ ٠	+٠ ٠ ٥٩	٥٧	٧½ ٧½	+٥٣	٨٧	٠ ٤٣
٩	α "	٢٠٢	١ ٥٥ ٣	+٢ ٦ ٦	٦٥	٥ ٦	—٧٦	٣٢٥	٣ ٣٣
١٠	γ المرأة المسلسلة اب	٢٠٥	١ ٥٥ ٣٧	+٤١ ٩ ٤٠	٦٥	٣½ ٥½	—٤٣	٦٣	١٠ ٣٦
١١	" " ب ج	"	" " "	"	"	٥ ٦ٌ٣	—٧	١٠٧	٠ ٥٩
١٢	٢٥٩ " "	٢٢٨	٢ ٥ ٦	+٤٦ ٠ ٥٠	٦٣	٧ ٧	+٥	٢٨٦	٠ ٩٠
١٣	S٢٥٧ فرساوس	٢٥٧	٢ ١٥ ١٢	+٦٠ ٠ ٥٥	٦٣	٧ ٨	+٥	١٨٣	٠ ٤٠
١٤	ι ذات الكرسي اب	٢٦٢	٢ ١٧ ٢٥	+٦٦ ٣ ٤٦	٦٣	٤½ ٧	—٨٧	٢٦٥	١ ٩٢
١٥	S٢٧٨ " "	٢٧٨	٢ ٢٥ ٣٦	+٦٨ ٠ ٤١	٥٧	٨ ٨½	—٦٧	٦٧	٠ ٤٠
١٦	١٤ الحمل								
١٧	ε "	٣٣٣	٢ ٥١ ٢٩	+٢٠ ٩ ٤٧	٦٦	٥ ٦½	+٦	١٩٩	١ ١٤
١٨	٧ الثور ا ب	٤١٢	٣ ٢٦ ٠	+٢٣ ٠ ٥٩	٦٥	٦½ ٦½	—٩٧	٢٦١	٠ ٤٥
١٩	٨٩ پ٢ النهر		٣ ٢٩ ٥٢	+٠ ٣ ٨	٤٥	٦½ ٩	+٩	٣٢٥	٦ ٠٠
٢٠	S٩ قيفاوس	٤٦٠	٣ ٤٦ ٤٨	+٨٠ ٠ ١٨	٦٣	٥½ ٦½	+٦١	١٥	٠ ٧٠
٢١	S٥١١ الزرافة	٥١١	٤ ٦ ١٢	+٥٨ ٦ ٢	٦٣	٦ ٧	—٧	٢٩٤	

عدد	اسم النجم	عدد في قائمة ستروف	ص م ١٨٦٠ او٦٠	ميل	سنة ١٨٠٠+	قدر	وضع	بعد بينهما
٢٢	٢٣٠ الثور .	٥٥٤	٤س ١٥د ٤٢ث	+١١° ٠′ ٠″	٦٣	٥½ ٨½	٣٤٢′٣٨—	١′٧٣″
٢٣	٢ الزرافة	٥٦٦	٤ ٢٨ ٦	+٥٣ ١٤′٠	٦٣	٦ ٧½	٢٩٩′٥٣—	١′٦٨
٢٤	S٥٧٧ ممسك الاعنة	٥٧٧	٤ ٣٢ ٤٨	+٣٧ ١٤′٠	٦٢	٧½ ٨	٢٦٥′٥٠—	١′٦٣
٢٥	η الجبار		٥ ١٧ ٢٦	−٢ ٣١′٨	٦٧	٤ ٥	٨٦′١٢—	٠′٩٥
٢٦	١٢ اللنكس اب	٩٤٨	٦ ٣٤ ١٨	+٥٩ ٣٤′٤	٦٣	٦ ٦½	١٣٨′٥٧—	١′٧٣
٢٧	" " اج	"	"	" "	"	" ٧½	٣٠٥′٧٧+	٨′٦٧
٢٨	الشعرى اليمانية		٦ ٣٩ ١٣	−١٦ ٣١′٥	٦٦	١ ١٠	٧١′٣١—	١٠′١٠
٢٩	S ٩٣٢ التوأمين							
٣٠	٣٨ "	٩٨٢	٦ ٤٧ ١	+١٣ ٢٠′٩	٦٦	٥½ ٨	١٦٤′٧٢—	٥′٧٠
٣١	S١٠٣٧ "	١٠٣٧	٧ ٤ ٦	+٢٧ ٢٧′٠	٦٣	٧ ٨½	٣١٨′١٠—	١′٢٢
٣٢	α "	١١١٠	٧ ٢٥ ٥٩	+٣٢ ١١′٠	٦٥	٣ ٣½	٢٤١′٤٥—	٥′٦٨
٣٣	S١١٥٧ وحيد القرن	١١٥٧	٧ ٤٧ ٣٠	−٢ ٢٦′٠	٦٣	٨′٣٨	٢٥٦′٧٧—	١′٢٩
٣٤	٨٥ اللنكس	١١٨٧	٨ ٠ ٤٢	+٣٢ ٣′٧٠	٦٦	٧ ٧½	٥٦′٢٨	١′٨٣
٣٥	ζ السرطان اب	١١٩٦	٨ ٢٣٤٠	+١٨ ٣′٢	٦٦	٦ ٧	٢٣٤′٦٢—	٠′٤٠
٣٦	" " اج	"	"	" "	٦٣	٧½	١٤٠′٧٠—	٥′٦١
٣٧	٤ الشجاع	١٢٧٣	٨ ٣٩ ٣٨	+٦ ٥٤′٨	٦٦	٤ ٨½	٢١٣′٨٣+	٣′٨٧
٣٨	١٥٧ اللنكس	١٣٣٨	٩ ١٢ ١٢	+٣٨ ٤٦′١	٦٦	٦½ ٧	١٤٢′٤٨+	١′٧١
٣٩	من الاسد	١٣٥٦	٩ ٢١ ١٣	+٩ ٣٨′٦	٦٦	٦½ ٧½	٣٢′٩٢+	٠′٣٠
٤٠	٦١ اب ٩ السدس	١٣٧٧	٩ ٣٦ ٢٧	+٣ ١٦′٠	٥٦	٨ ١٣	١٢٩′٤٥—	٣′١١
٤١	٨ السدس		٩ ٤٥ ٦	−٧ ٢٤′٠	٦٠	٦ ٦½	٣٨′٢١—	٠′٥٠
٤٢	γ الاسد	١٤٢٤	١٠ ١٢ ٣٤	+٢٠ ٣١′٦	٦٦	٢ ٤	١١١′٤٤+	٣′١٧
٤٣	١٤٥ الاسد	١٤٢٦	١٠ ١٣ ١٢	+٧ ٨′٠	٥٦	٧½ ٨	٢٧١′٧٨+	٠′٦٥
٤٤	S١٤٥٧ السدس	١٤٥٧	١٠ ٣١ ٢٤	+٦ ٢٨′٠	٦٣	٧ ٨	٣٠٩′٨٣+	٠′٩١
٤٥	S١٥١٦ التنين	١٥١٦	١١ ٥ ٤٢	+٧٤ ١٥′٠	٦٣	٧ ٧½	٧٠′٥ +	٤′١٤
٤٦	φ الدب الاكبر							

عدد	اسم النجم	عدد في قائمة ستروف	ص م ١٨٦٠ او ٦٥	ميل	سنة +١٨٠٠	قدر		وضع	بعد بينهما
٤٧	ξ الدب الاكبر	١٥٢٣	١١ ١٠ ٥٩	+٣٢ ٦ ١٧	٦٦	٤	٥½	−٥٥ ٨٦	٣٥ ٣
٤٨	ι الاسد	١٥٣٦	١١ ١٦ ٥٣	+١١ ٦ ١٦	٦٥	٤	٧½	−١٣ ٧٣	٨١ ٢
٤٩	γ السنبلة	١٦٧٠	١٢ ٣٤ ٥٠	−٠ ٦ ٤٣	٦٦	٤	٤	−٢٨ ١٦٤	٣٩ ٤
٥٠	١٩١ "								
٥١	٣٥ شعر برنيكي	١٦٨٧	١٢ ٤٦ ٣٩	+٢١ ٨ ٥٨	٦٥	٥½	٨½	+٨٧ ٥٣	٣١ ١
٥٢	٤٢ " "	١٧٢٨	١٣ ٣ ٢٦	+١٨ ٦ ١٤	٦٥	٤½	٥	+٩٥ ١٩٣	٣٥ ٠
٥٣	٢٧ اب[١٢] السنبلة	١٧٥٧	١٣ ٣٧ ٣٣	+٠ ٦ ٢٢	٦٣	٨	٩	+ ٤ ٥٩	٢
٥٤	S١٧٦٨ السلاقيين	١٧٦٨	١٣ ٣٩ ٥٤	+٣٧ ٠ ١١	٦٥	٦	٧		
٥٥	S١٧٨٥ العوّاء	١٧٨٥	١٣ ٤٣ ٤٨	+٢٧ ٠ ٤١	٦٤	٧	٧½	+ ٤١ ١٩٣	٦٠ ٣
٥٦	S١٨١٩ السنبلة	١٨١٩	١٤ ٨ ١٨	+٣ ٠ ٤٧	٦٣	٧½	٨	−١٥ ٣٣	٣٩ ١
٥٧	S١٨٣٠ العوّاء	١٨٣٠	١٤ ١١ ١٣	+٥٧ ٠ ١٩	٦٠	٨½	٩	+٣٣ ٢٧٨	٣٠ ٥
٥٨	π العوّاء	١٨٦٤	١٤ ٣٤ ٢٣	+١٦ ٩ ٥٩	٦٦	٣½	٦	+٦٠ ١٠٠	٧٣ ٥
٥٩	S١٨٧٦ الميزان	١٨٧٦	١٤ ٣٩ ٠	−٦ ٠ ٤٨	٦٣	٨	٨	+٨٧ ٦٥	٣٠ ١
٦٠	ε العوّاء	١٨٨٨	١٤ ٤٥ ٩	+١٩ ٨ ٣٩	٦٥	٣½	٦½	−٨٣ ٣٠٠	٤١ ٥
٦١	٤٤ "	١٩٠٩	١٤ ٥٩ ٣١	+٤٨ ٨ ١٠	٦٣	٥	٦	+٥٣ ٢٣٩	٧٥ ٤
٦٢	ا الاكليل الشمالي	١٩٣٢	١٥ ١٢ ١٨	+٢٧ ٠ ٢١	٦٣	٧	٧	+٢٧ ٢٩٠	١٨ ١
٦٣	η " "	١٩٣٧	١٥ ١٧ ٣٧	+٣٠ ٧ ٤٦	٦٦	٦	٦½	+١٨ ٣٣	١٢ ١
٦٤	μ[٢] العوّاء	١٩٣٨	١٥ ١٩ ٢٥	+٣٧ ٣ ٤٩	٦٦	٨	٨½	−٣٠ ١٨٠	٣٠ ٠
٦٥	δ الحية	١٩٥٤	١٥ ٢٨ ٢١	+١٠ ٥ ٥٩	٦٦	٥½	١٠	−٨٠ ١٨٩	٤٣ ٣
٦٦	γ الاكليل الشمالي	١٩٦٧	١٥ ٣٧ ٤	+٢٦ ٥ ٤٣	٦٦	٤	٦½		
٦٧	٥١ الميزان اب	١٩٩٨	١٥ ٥٦ ٥٧	−١٠ ٩ ٥٩	٦٦	٤½	٥	+ ٠ ١٦١	٤٠ ٠
٦٨	" " اج	"	"	"	٦٥		٧½	−٦٦ ٦٩	١٠ ٧
٦٩	٤٩ الحية	٢٠٢١	١٦ ٧ ١٠	+١٣ ٦ ٥٣	٦٤	٧	٧½	+٦٠ ٣٣٤	٥٣ ٣
٧٠	S٢٠٣٦ الجاثي	٢٠٣٦	١٦ ٧ ٤٨	+٧ ٠ ٤٤	٦٥	٨½	٩½	−١٠ ٣٣٦	٥٠ ١
٧١	σ الاكليل الشمالي اب	٢٠٣٢	١٦ ٩ ٣٧	+٣٤ ٣ ١٣	٦٥	٦	٦½	+٤٥ ١٩٣	٩٧ ٢

عدد	اسم النجم	عدد في قائمة ستروف	ص م ١٨٦٠ او ٦٥	ميل	سنة +١٨٠٠	قدر	وضع	بعد بينهما
٧٢	σ الاكليل الشمالي اج	٢٠٣٢	١٦ ٩ ٣٧	+٣٤ ٣ ١٢	٥٥	١١	-٣٥ ٨٨	٤٥ ٤٩
٧٣	α العقرب		١٦ ٢١ ٧	-٢٠ ٨ ٧	٦٦	١ ٨	-٩٠ ٢٧٣	٩٢ ٣
٧٤	λ الحاوي	٢٠٥٥	١٦ ٢٤ ٦	+٢ ٨ ١٦	٦٥	٤ ٦	+٣٦ ٢٥	٥١ ١
٧٥	ζ الجاني	٢٠٨٤	١٦ ٣٦ ١٣	+٣١ ٦ ٥٠	٦٦	٣ ٦	-٣٣ ٢٣٩	٨٣ ٠
٧٦	٢١٠٦ S الحاوي	٢١٠٦	١٦ ٤٤ ٣٠	+٩ ٠ ٣٩	٦٣	٦ ٨	-٣٠ ٢٣١	٥٠ ٠
٧٧	١٦٧ الجاني	٢١٠٧	١٦ ٤٦ ١٨	+٢٨ ٠ ٥٤	٦٥	٦½ ٨½	+٢٨ ١٨٩	٩٣ ٠
٧٨	٢٧٠ ب ١٦ الحاوي	٢١١٤	١٦ ٥٣ ١٨	+٨ ٠ ٣٩	٥٩	٧ ٨	+٦٣ ١٤٧	٣١ ١
٧٩	٢١٠ الجاني	٢١٢٠	١٦ ٥٩ ٦	+٢٨ ٠ ١٧	٦٦	٦½ ٩	-٩٤ ٢٧٢	٥٦ ٣
٨٠	μ التنين	٢١٣٠	١٧ ٢ ٣٣	+٥٤ ١ ٣٩	٦٥	٤ ٤½	-٨٤ ١٨١	٧٩ ٢
٨١	٣٦ الحاوي		١٧ ٧ ١	-٢٦ ٥ ٢٣	٦٣	٤½ ٦½	-٤٧ ٢١٣	٣٣ ٤
٨٢	δ الجاني	٢١٢٧	١٧ ٩ ٢٩	+٢٥ ٠ ٠	٦٦	٤ ٨½	+٦١ ١٧٩	١٨ ٢٠
٨٣	ρ الجاني	٢١٦١	١٧ ١٩ ٣	+٣٧ ٤ ١٦	٦٣	٤ ٥½	+٥٠ ٣٠٩	٦١ ٣
٨٤	٢١٧٣ S الحاوي	٢١٧٣	١٧ ٢٤ ١٣	-٠ ٠ ٥٨	٥٨	٦ ٧	+٩٣ ٣٢٥	٨٤ ٠
٨٥	μ¹ الجاني ب ج		١٧ ٤١ ٠	+٢٨ ٠ ٤٨	٦٥	١٠½ ١١	+٦١ ٧٩	٨٣ ١
٨٦	τ الحاوي	٢٢٦٢	١٧ ٥٥ ٤٣	-٨ ٦ ١٠	٦٦	٥ ٦	+٥ ٢٤٨	٦٠ ١
٨٧	٧٠ الحاوي	٢٢٧٢	١٧ ٥٨ ٣٧	+٢ ٥ ٣٢	٦٦	٤½ ٧	-١٣ ١٠١	٣٧ ٥
٨٨	α الشلياق		١٨ ٣٢ ٣٠	+٣٨ ٣ ٣٩	٦٥	١ ١١	١٣ ١٥٠	١٥ ٤٦
٨٩	ε¹ (٤) ″	٢٣٨٢	١٨ ٣٩ ٥١	+٣٩ ٧ ٣١	٦١	٥ ٦½	-٣٣ ٢٠	٠٦ ٣
٩٠	ε² (٥) ″	٢٣٨٣	″	″	٦٥	٥ ٥½	-٨٦ ١٤٤	٥٦ ٢
٩١	٢٤٠٣ S الحية	٢٤٠٣	١٨ ٤٣ ٠	+١٠ ٠ ٣٣	٥٦	٨ ٨½	+٤١ ٢١٣	٨٩ ٠
٩٢	٣٧٤ ب ٨١ النسر اب	٢٤٢٤	١٨ ٥٥ ٣٦	-٠ ٠ ٥٤	٦٤	٧ ٨	-٨٥ ١٣٦	٢٩ ٢٤
٩٣	″ ″″ ″ ب ج	″	″	″	٦٤	١٠½	-٦٠ ٦٩	٧٩ ١
٩٤	٢٤٥٥ S الثعلب	٢٤٥٥	١٩ ٠ ٥٤	+٢١ ٠ ٥٨	٦٤	٧½ ٩½	-٥٣ ١١٥	٥٣ ٣
٩٥	٨٠ اب ١٩ التنين	٢٥٠٩	١٩ ١٥ ٣٠	+٦٣ ٠ ٥٧	٦٣	٦½ ٨	-٧٨ ٢٤٣	٨٠ ٠
٩٦	δ الدجاجة	٢٥٧٩	١٩ ٤٠ ٤٥	+٤٤ ١ ٤٨	٦٦	٣½ ٩	+٣١ ٢٤٨	٧٠ ١

عدد	اسم النجم	عدد في قائمة ستروف	ص م ١٨٦٠ او ٦٥	ميل	سنة +١٨٠٠	قدر	وضع	بعد بينهما
٩٧	S٢٦٩٦ الدلفين	٢٦٩٦	٢٠ ٢٦ ٣٦	+٤ ٠ ٥٨	٥٦	٨ ٨½	+٣٦ ٣١٠	٠″٧٣
٩٨	λ الدجاجة		٢٠ ٤١ ٤٥	+٣٥ ٠ ٥٥	٦٠	٦ ٧	ـ٥١ ٩٦	٠″٧٢
٩٩	٤ الدلو	٢٧٣٩	٢٠ ٤٤ ١٦	ـ٦ ٧ ٧	٥٦	٧ ٨	+٨٦ ١٠٧	٠″٣٠
١٠٠	ε الفرس الاصغر اب	٢٧٣٧	٢٠ ٥٢ ٢٠	+٣ ٨ ٤٦	٦٦	٥½ ٧½	ـ٢٥ ٢٩٠	١″٠٦
١٠١	" " اج	"	"	"	٦٦	٧½	ـ١٣ ٧٣ ٥	١″٠٥
١٠٢	٦١ الدجاجة	٢٧٥٨	٢١ ٠ ٤١	+٣٨ ٩ ٣	٦٦	٥½ ٦	+٦٩ ١١١	١٨″٧٦
١٠٣	١١ السفينة		٢١ ١٠ ٥٠	+٦٣ ٨ ٤٩	٦٦	٧¼ ٧¼	ـ٥٣ ٢٤٤	٠″٩٦
١٠٤	٣٠ الفرس	٢٧٩٩	٢١ ٢٢ ٣٤	+١٠ ٠ ٢٨	٦٣	٦½ ٧½	ـ٥٧ ٣١٧	١″٤٤
١٠٥	٢٢ب٢٣ الفرس	٢٨٧٧	٢٢ ٧ ٤٢	+١٦ ٠ ٣٠	٦٣	٦½ ٩½	+٢٠ ٣٤٢	٨″٩٩
١٠٦	ζ الدلو	٢٩٠٩	٢٢ ٢١ ٥٣	ـ٠ ٦ ٤٢	٦٦	٤ ٤½	ـ ١ ٣٢٧	٣″٦٤
١٠٧	٣٧ الفرس	٢٩١٢	٢٢ ٢٣ ٩	+٣ ٩ ٤٤	٥٧	٦½ ٧½	+٥٦ ١١٧	٠″٧٤
١٠٨	S٢٩٣٤ الفرس	٢٩٣٤	٢٢ ٣٥ ٦	+٢٠ ٠ ٤٢	٦٣	٧½ ٩	ـ٧٠ ١٧٤	١″٢١
١٠٩	π قيفاوس اب		٢٣ ٣ ٣٦	+٧٤ ٥ ٣٩	٦٥	٥ ١٠	+٩٧ ٥	١″١٥
١١٠	٥ "	٣٠٠١	٢٣ ٢١ ٥٤	+٦٧ ٠ ٢١	٥٨	٦ ٨½	+٥١ ١٨٦	٢″٦٠
١١١	٦٩ب٣٢ الدلو	٣٠٠٨	٢٣ ١٦ ٤٧	ـ٩ ٠ ١٢	٦٣	٨ ٨½	ـ٧٥ ٢٦٤	٥″٨٥
١١٢	S٣٠٦٢ ذات الكرسي	٣٠٦٢	٢٣ ٥٨ ٥٤	+٥٧ ٠ ٣٩	٦٥	٦½ ٧½	+٩٥ ٢٦٩	١″٤٣

قائمة نجوم مزدوجة لم يتحقق كونها مزدوجة حقيقية

عدد	اسم النجم	عدد في قائمة ستروف	ص م	ميل	سنة	قدر	وضع	بعد بينهما
١	S٤٤ المرأة المسلسلة	٤٤	٠ ٣٠ ٣٦	+٤٠ ١٣	٦٥	٨½ ٩	+٢٠ ٢٦٣	٨″٦٦
٢	١٠ الحمل	٢٠٨	١ ٥٥ ٤٣	+٢٥ ١٦	٦٣	٦ ٨½	+٩٣ ٣٣	١″٤٣
٣	S٣٣٤ ذات الكرسي	٣٣٤	٢ ٧ ٦	+٦٠ ٤٢	٦٣	٨ ٨½	ـ٤٣ ٣٣١	٠″٧٠
٤	٨٤ قيطوس	٢٩٥	٢ ٣٤ ٦	ـ١ ١٧	٦٤	٦ ١٠	ـ٧٣ ٣٣٤	٤″٦٣
٥	S٣٦٧ "	٣٦٧	٣ ٦ ٤٨	+٠ ١٢	٦٤	٨ ٨	ـ١٠ ٢٥٧	٠″٥٠
٦	٣٣ الجبار	٧٢٨	٥ ٢٣ ١٨	+٥ ٥٠	٦٣	٥ ٦½	ـ٢٤ ١٩٢	
٧	S٧٨٩ الثور	٧٤٩	٥ ٢٨ ٣٠	+٢٦ ٥٠	٦٣	٦½ ٦½	ـ٤٤ ١٨٦	٠″٦٠

عدد	اسم النجم	عدد في قائمة ستروف	ص	م	ث ١٨٦٠ او ٦٥	ميل °	ميل '	سنة ١٨٠٠+	قدر	قدر	وضع	بعد بينهما
٨	١٤ اللنكس	٩٦٣	٦	٤٠	٤٢	+٥٩	٤٠	٦٣	٦	٦	٥٩°٥٣+	٠″٧٠
٩	μ الكلب الاكبر	٩٩٧	٦	٤٩	٠	—١٣	٤٨	٦٤	٥	٨½	٣٣٧°٣٠—	٣″٧٦
١٠	٢ اب٨ السرطان	١٢٠٢	٨	٥	٥٤	+١١	١٦	٦٣	٨	١٠	٣٢٧°٤٥—	٣″٥٠
١١	S١٢١٦ الشجاع	١٢١٦	٨	١٤	١٢	—١	٩	٦٣	٧	٧½	١٥١°١٣+	
١٢	σ٢ الدب الاكبر	١٣٠٦	٨	٥٨	٠	+٦٧	٤١	٦٣	٦½	٩½	٢٥٣°٥١—	٣″٢٥
١٣	S١٣١٦ الشجاع اب	١٣١٦	٩	٠	٥٤	—٦	٣٤	٥٧	٧	١٠½	١٣٩°٥٨—	٥″٧٨
١٤	١١٠ الشجاع	١٣٤٨	٧٩	١	٦	+٦	٥٧	٦٣	٧½	٧½	٢٢٨°١٥—	١″٦٦
١٥	S١٣٥٧ الشجاع	١٣٥٧	٩	٢١	٣٠	—٩	٢٣	٥٦	٧	١٠½	٥٩°٥٨+	٧″٦٠
١٦	١٩١ السنبلة	١٦٤٧	١٢	٢٣	٣٠	+١٠	٤٩	٦٣	٧½	٨½	٢١٢°٩٠+	١″٣٩
١٧	S١٧٨١ "	١٧٨١	١٣	٣٩	٦	+٥	٤٩	٦٥	٧	٨	٢٥٠°٧٧+	١″١٠
١٨	٢٣٨ ب١٣ "	١٧٨٨	١٣	٤٧	٤٢	—٧	٢٢	٦٥	٦½	٧	٦٧°٧٠+	٢″٣٦
١٩	١٢١ العوّاء	١٨٢٥	١٤	١٠	٦	+٢٠	٤٧	٦٤	٧	٨	١٧٨°٨٠—	٣″٨٩
٢٠	٧٠ ب١٤ الميزان	١٨٣٧	١٤	١٧	٦	—١١	١٨	٦٥	٧	٨½	٣١٤°١٥—	١″٣٤
٢١	S١٨٦٣ العوّاء	١٨٦٣	١٤	٣٣	١٨	+٥٢	١٠	٦٤	٧	٧	٩٥°٢٣—	٠″٧٧
٢٢	ξ الحاوي	١٨٦٥	١٤	٣٤	٣٠	+١٤	٣٠	٦٥	٤½	٥	٣٠٣°٢٥—	١″٠٣
٢٣	S١٨٨٣ العوّاء	١٨٨٣	١٤	٤١	٥٤	+٦	٣٣	٦٣	٧	٧½	٢٦٣°٧٠—	٠″٨٠
٢٤	S١٩٣٤ "	١٩٣٤	١٥	١٢	٣٤	+٤٤	٤٨	٦٥	٨	٨½	٣٨°١٠—	٦″٠٥
٢٥	S١٩٥٧ الشجاع	١٩٥٧	١٥	٣٩	١٨	+١٣	٣٣	٦٣	٨	٩	١٥٥°٧٠—	١″٥٣
٢٦	٢٨١ الجاثي	٢١٦٥	١٧	٣٠	٤٨	+٢٩	٣٥	٦٥	٧½	٨½	٥١°١٧+	٧″١٠
٢٧	S٢١٩٩ التنين	٢١٩٩	١٧	٣٦	٠	+٥٥	٥٠	٥٧	٧	٧½	١٠١°٤٥—	١″٦٥
٢٨	٤١٧ الجاثي	٢٢٨٩	١٨	٣	٥٤	+١٦	٣٧	٦٣	٦½	٧½	٢٣٤°٣٣—	١″٢٤
٢٩	S٢٤٣٧ السهم	٢٤٣٧	١٨	٥٥	٤٨	+١٨	٥٨	٥٧	٧½	٨	٧١°٤٧—	٠″٨٠
٣٠	S٢٤٥٤ الشلياق	٢٤٥٤	١٨	٥٩	٢٤	+٣٠	١١	٦٥	٨	٩	٢٢٥°٩٧+	١″٢٦
٣١	٢٣ الدجاجة	٢٥٢٥	١٩	٢١	٦	+٢٧	٢	٦٥	٧	٧½	٢٤٠°٨٤—	٠″٦٠
٣٢	S٢٥٤٤ النسر	٢٥٤٤	١٩	٣٠	٤٤	+٨	٠	٦٤	٧	٩½	٢٠٨°٩٠—	١″٣٠

عدد	اسم النجم	عدد في قائمة ستروف	ص م ١٨٦٠ او ٦٥	ميل	سنة +١٨٠٠	قدر	وضع	بعد بينهما
٣٣	S٢٥٠٦ الثعلب	٢٥٠٦	١٩ ٣٣ ٣٤	+٢١° ٥٥'	٦٥	٧ ٧	—٧٣ ١٦٧°	
٣٤	S٢٥٧٦ الدجاجة	٢٥٧٦	١٩ ٤٠ ١٨	+٣٣ ١٧	٦٣	٧½ ٨	—٨٥ ٣٠٨°	٣٧ ٣°
٣٥	S٢٧٤٤ الدلو	٢٧٤٤	٢٠ ٥٥ ٥٤	+٠° ٥٩	٦٣	٦ ٧	—٥٥ ١٧٧°	٥٠ ١°
٣٦	S٢٧٤٦ الدجاجة	٢٧٤٦	٢٠ ٥٥ ٠	+٣٨ ٣١	٦٣	٨ ٩	+٧٠ ٢٨٣°	٨٠ ٠°
٣٧	٣٩ الفرس	٢٨٠٤	٢١ ٢٦ ٣٠	+٢٠ ٦	٦٥	٧ ٨	+٥٣ ٣٢٤°	٧٥ ٢°
٣٨	S٢٩٢٨ الدلو	٢٩٢٨	٢٢ ٢٣ ٦	—١٣ ٢٠	٥٧	٨ ٨½	—٣٥ ٣١٩°	٢٨ ٤°
٣٩	٥١ ب ٢٢ الدلو	٢٩٤٤	٢٢ ٤٠ ٣٦	—٤ ٥٧	٦٣	٧ ٨	—٦٧ ١٤٦°	٦٧ ٥٠°
٤٠	S٢٩٧٦ الحوتين اج	٢٩٧٦	٢٣ ٠ ٣٦	+٥ ٥١	٥٨	٩½ ١٠	+٢٣ ١٨٣°	٣١ ١٦°
٤١	S٣٠٤٦ قيطوس	٣٠٤٦	٢٣ ٤٩ ٣٠	—١٠ ١٦	٦٤	٨ ٨½	+٥ ٢٤١°	٩٠ ٣°
٤٢	٣٧ المرأة المسلسلة	٣٠٥٠	٢٣ ٥٢ ١٨	+٣٢ ٥٧	٦٥	٦ ٦½	+٥٢ ١٩٩°	١٧ ٣°

قائمة نجوم متغيرة

اسم النجم	ص م ١٨٧٠	ميل ١٨٧٠	مدة اياما	من قدر	الى قدر
R المرأة المسلسلة	٠ ١٧ ١٣	+٣٧ ٣ ٥١		من ٦ الى	
B ذات الكرسي	٠ ١٧ ٢٦	+٦٣ ٥ ٢٥		هو نجم تيخو براهي الوقتي	
T الحوتين	٠ ٢٥ ١٦	+١٣ ٩ ٥٢	±١٤٣	٩°٥	١١
α ذات الكرسي	٠ ٣٣ ٩	+٥٥ ٤ ٤٩	٧٩°١	٢	٢°٥
U الحوتين	٠ ٢٧ ٣٥	+٦ ٣ ٢٥		٩	>١٣
S ذات الكرسي	١ ١٠ ٨	+٧١ ٦ ٥٥			>١٣
S الحوتين	١ ١٠ ٤٦	+٨ ٧ ١٣	±١٣	٩	>١٣
R الحوتين	١ ٢٣ ٥٦	+٢ ٦ ١٢	٣٤٦	٧	٩°٥
V الحوتين	١ ٤٧ ٣٠	+٨ • ٨		٦	٩
الحمل	١ ٥٧ ٢٩	+١١ ١ ٥٤			
R الحمل	٢ ٨ ٤٤	+٢٤ ١ ٢٧	١٨٦	٨	>١٣
٥ قيطوس	٢ ١٣ ٤٧	—٣ ١ ٣٤	٣٣١°٣٣٦	٢	>١٣

اسم النجم	ص م ١٨٧٠	ميل ١٨٧٠	مدة ايامًا	من قدر الى قدر	
ρ فرساوس	٢ ٥٦ ٥١	+٣٨ ٢٠٫١	٣٣	٤	
β "	٢ ٥٩ ٤٣	+٤٠ ٢٧٫٢	٢٫٨٦٧٢٧	٢٫٥	٤
R "	٣ ٢١ ٤٧	+٣٥ ١٣٫٢	٤١٩	٨٫٦	>١٣
λ الثور	٣ ٥٣ ٢٩	+١٢ ٧٫٣	٣٫٩٥٢	٤	٤٫٥
U الثور	٤ ١٤ ١٥	+١٩ ٣٠٫٢		٩	١٠٫٤
T "	٤ ١٤ ٢٥	+١٩ ١٣٫٥		٩٫٧	>١٣٫٥
R "	٤ ٢١ ١٠	+٩ ٥٢٫٢	٣٢٧	٨	١٣٫٥
S "	٤ ٢٢ ٥	+٩ ٣٩٫٤	٣٧٥	١٠	>١٣
R الجبار	٤ ٥١ ٥٥	+٧ ٥٥٫٧	٣٧٨	٩	>١٢٫٥
ε ممسك العنان	٤ ٥٢ ٣٨	+٤٣ ٣٧٫٧	٢٥٠	٣٫٥	٤٫٥
R الارنب	٤ ٥٣ ٤١	−١٥ ٠٫٢	± ٤٠٠	٧	
R ممسك العنان	٥ ٦ ٤٨	+٥٣ ٢٦٫٢			
α الجبار	٥ ٤٨ ٨	+٧ ٢٢٫٨	± ١٩٦	١	١٫٥
R وحيد القرن	٦ ٣٢ ٤	+٨ ٥٠٫٩		١٠	١٣
ζ التوأمين	٦ ٥٦ ٢٤	+٢٠ ٤٥٫٥	١٠٫١٦	٣٫٨	٤٫٥
R "	٦ ٥٩ ٣٢	+٢٢ ٥٤٫١	٣٧٠	٧٫٣	١١
R الكلب الاصغر	٧ ١ ١	+١٠ ١٣٫٦	٣٢٩	٨	١٠
S " "	٧ ٢٥ ٣٩	+٨ ٣٥٫٦	٣٣٥	٧٫٥	>١٣
S التوامين	٧ ٣٥ ١٤	+٢٣ ٤٥٫٢	٢٦٤٫٠٧	٩٫٢	>١٢٫٥
T "	٧ ٤١ ٣٠	+٢٤ ٣٫٣	٢٨٨٫٦٤	٩٫٥	>١٢٫٥
U "	٧ ٤٧ ٢٣	+٢٢ ٢٠٫٥	٩٧	٩	١٢٫٥
R السرطان	٨ ٩ ٢٤	+١٢ ٧٫٤	٣٥٩	٦	>١٠
U "	٨ ٢٨ ١٩	+١٩ ٢٠٫٥	٣٠٦	٩	>١٣٫٥
S "	٨ ٣٦ ٣٠	+١٩ ٣٠٫٠	٩٫٤٨	٨	١٠٫٥
S الشجاع	٨ ٤٦ ٤٧	+٣ ٣٣٫٥	٢٥٦	٨٫٥	١٣٫٥
T السرطان	٨ ٤٩ ١٤	+٢٠ ٢٠٫٧	± ٤٥٥	٩٫٥	١٢

اسم النجم	ص م ١٨٧٠	ميل ١٨٧٠	مدة اياماً	من قدر	الى قدر
T الشجاع	٨س ٤٩د ٣٠ث	−٨° ٣٨٫٧'	٢٩٣ او ±٣٣٦	٦٫٥	١٠٫٥
α "	٩ ٢١ ٣١	−٨ ٥٫٩'	٥٥	٢٫٥	٣
R الاسد الاصغر	٩ ٣٧ ٤٦	+٣٥ ٦٫٥	± سنة	٧	١١
R الاسد	٩ ٤٠ ٣٤'	+١٢ ١٫٨	٣١٢٫٥٧	٥	١١٫٥
R الدب الاكبر	١٠ ٣٥ ٣٥	+٦٩ ٣٧٫٤	٣٠١٫٩٠	٧	١٣
η السفينة	١٠ ٤٠ ٢	−٥٩ ٠٫١	٤٦ سنة	١	٤
S الاسد	١١ ٤ ٧	+٦ ١٠٫١	١٩٣	٩	>١٣
"	١١ ٣١ ٤٦	+٤ ٥٫٥		١٠	١٤
R شعر برنيكي	١١ ٥٧ ٣٥	+١٩ ٣٠٫٣	± سنة	٨	>١٣
T السنبلة	١٢ ٧ ٥٦	−٥ ١٨٫٧	٣٣٧	٨	>١٣
T الدب الاكبر	١٢ ٣٠ ٢٨	+٦٠ ١٣٫٢	٢٥٧	٦٫٧	>١٣
R السنبلة	١٢ ٣١ ٥٤	+٧ ٤٢٫٢	١٤٦	٦٫٥	>١١
S الدب الاكبر	١٢ ٣٨ ١٥	+٦١ ٤٨٫٣	٢٢٢٫٦	٧٫٥	١٢
U السنبلة	١٢ ٤٤ ٣٠	+٦ ١٥٫٧	٢١٢	٧٫٥	>١٢
V "	١٣ ٢١ ٦	−٢ ٢٩٫٧	٢٥٢	٧	
R اوه الشجاع	١٣ ٢٢ ٣٧	−٢٢ ٣٦٫٤	٤٤٧٫٨	٤	>١٠
S السنبلة	١٣ ٢٦ ١٣	−٦ ٣١٫٤	٣٨٠٫١١	٦	١١
T العوّاء	١٤ ٨ ٠	+١٩ ٤٠٫٥		٩٫٧	>١٤
S "	١٤ ١٨ ٢٣	+٥٤ ٢٤٫٣		٨	١٢
R الزرافة	١٤ ٢٧ ٣٥	+٨٤ ٢٥٫٣	٢٦٥	٧	١٣
R العوّاء	١٤ ٣١ ٢٧	+٢٧ ١٨٫١	١٩٦	٨	١٢
U "	١٤ ٣٤ ٤٨	+١٨ ٤٫١		٩٫٥	١٣
S الحية	١٥ ١٥ ٣٤	+١٤ ٤٧	٣٥٩	٨	>١٠
S الاكليل الشمالي	١٥ ١٦ ٦	+٣١ ٥٠٫٢		٦٫٥	
R " "	١٥ ٤٣ ١٣	+٢٨ ٣٣٫٥	٣٥٠	٦٫٣	>١٣
δ الميزان	١٥ ٤٣ ١٤	−٨ ٣٫٤	٦٫٩٨		

اسم النجم	ص م ١٨٧٠	ميل ١٨٧٠	مدة ايامًا	من قدر الى قدر	
R الحية	١٥ ٤٤ ٤٤	+١٥ ٨ ٣١	٣٥٣	٦٫٥	>١٠
R الميزان	١٥ ٤٦ ١٥	−١٥ ٨ ٥٠	٧٢٣	٩	>١٣٫٥
R الجاثي	١٦ ٠ ٣٣	+١٨ ٤ ٤٣	٣١٠	٨٫٥	١٣٫٥
T العقرب	١٦ ٩ ١٨	−٢٢ ٠ ٣٩		٧	>١٣
" R	١٦ ٩ ٥٤	−٢٢ ٣ ٣٧	٦٤٨	٩	>١٤
" S	١٦ ٩ ٥٦	−٢٢ ٢ ٣٤	٣٦٤	٩	>١٣
" U	١٦ ١٤ ٥٩	−١٧ ٥ ٣٤		٩٫٥	١٣٫٥
U الجاثي	١٦ ٢٠ ٣	+١٩ ٤ ١١		٧	١٣
٣٠ "	١٦ ٢٤ ٢٢	+٤٢ ١ ١٠	١٠٦	٥	٦
T الحاوي	١٦ ٢٦ ١٨	−١٥ ٢ ٥١		١٠٫٥	>١٣
" S	١٦ ٢٦ ٤٧	−١٦ ١ ٥٣	٢٢٩٫٣	٩٫٣	>١٣٫٥
S الجاثي	١٦ ٤٥ ٥٩	+١٥ ٧ ٩	٣٠٣	٧٫٥	١٢٫٥
جديد الحاوي	١٦ ٥٢ ١٣	−١٢ ٤ ٤١		٤٫٥	>١٣٫٥
" R	١٧ ٠ ١٨	−١٥ ٠٠ ∞	٣٠٤٫٦	٨	>١٣٫٥
α الجاثي	١٧ ٨ ٤٣	+١٤ ٤ ٣٣	٨٨٫٥	٣٫١	٣٫٩
جديد الحاوي	١٧ ٢٢ ٥١	−٢١ ١ ٢٢			
T الجاثي	١٨ ٤ ١١	+٣١ ٠ ٠	١٦٤٫٧	٧٫٩	>١٣
T الشجاع	١٨ ٢٢ ٢٨	+٦ ٠ ١٣	٣١٠	١٠٫٥	>١٤
R ترس سوبيسكي	١٨ ٤٠ ٣٣	−٥ ٥ ٥٠	٧١٫٧٥	٥	٩
β الشلياق	١٨ ٤٥ ١٧	+٣٣ ٧ ١٣	١٢٫٩٠٦	٣٫٥	٤٫٥
R (١٣) الشلياق	١٨ ٥١ ٣٣	+٤٣ ٦ ٤٦	٤٦	٤٫٣	٤٫٦
R النسر	١٩ ٠ ٧	+٨ ١ ٢	٣٥١٫٥	٦٫٥	
T الرامي	١٩ ٨ ٤٣	−١٧ ٠ ١١		٨٫٥	>١٣
" R	١٩ ٩ ٤	−١٩ ٠ ٣٣	٤٦٥	٨	>١٣
" S	١٩ ١١ ٤٩	−١٩ ٦ ١٥		١٠٫٥	
R الدجاجة	١٩ ٣٣ ٣٠	+٤٩ ٥ ٥٤	٤١٦٫٧٣	٨	>١٤

اسم النجم	ص م ١٨٧٠	ميل ١٨٧٠	مدة اياما	من قدر الى قدر
* الثعلب	١٩س ٤٣د ١٤ث	+٣٦° ٨' ٥٩"		
S "	١٩ ٤٣ ٤	+٣٦ ٥٧٫٩	٦٧٫٩	٨٫٨ ٩٫٨
χ الدجاجة	١٩ ٤٥ ٣٤	+٣٢ ٣٥٫٢	٤٠٦٫٠٦	٥ >١٣
η النسر	١٩ ٤٥ ٥١	+٠ ٤٠٫٤	٧٫١٧٦٣	٣٫٦ ٤٫٤
S الدجاجة	٢٠ ٢ ٤٧	+٥٧ ٣٦٫٧	٣٢٤	٩ >١٣
R الجدي	٢٠ ٤ ١	−١٤ ٣٩٫٢		٩٫٥ ١٣٫٥
S النسر	٢٠ ٥ ٣٩	+١٥ ١٤٫٣	±١٢٤	٨٫٩ ١١٫٣
R السهم	٢٠ ٨ ٨	+١٦ ٢٠٫٠	٧٠٫٨٨	٨٫٣ ١٠٫٣
R الدلفين	٢٠ ٨ ٣٩	+٨ ٤١٫٤		٩ ١٢
P (٢٤) الدجاجة	٢٠ ١٣ ٠	+٣٧ ٣٧٫٨	±١٨ سنة	٣ >٦
R (٢٤) قيفاوس	٢٠ ٣٣ ٤١	+٨٨ ٤٤٫٠	±٧٣ سنة	٥ ١١
S الدلفين	٢٠ ٣٧ ٥	+١٦ ٣٧٫٤	٢٨٤	٨ ١٣٫٥
T "	٢٠ ٣٩ ٢٠	+١٥ ٥٥٫٧	٣٣٢	٨٫٦ ١٢
U الجدي	٢٠ ٤٠ ٥٤	+١٥ ١٥٫٦	٤٢٠	١١ >١٣٫٥
T الدلو	٢٠ ٤٣ ٦	−٥ ٣٧٫٦	١٩٧	٧٫٨ ٠
R الثعلب	٢٠ ٥٨ ٣٦	+٢٣ ١٨٫٤	١٣٨٫٦	٦ ١٣٫٥
T الجدي	٢١ ١٤ ٥٠	−١٥ ٤٢٫٦	٢٧٤	٩ >١٤
S قيفاوس	٢١ ٣٦ ٤٧	+٧٨ ٢٫٣	٤٧٠	٨٫٩ ١١٫١٢
μ "	٢١ ٣٩ ٣١	+٥٨ ١١٫١	٥ او ٦ سنين	٤ ٦
T الفرس	٢٢ ٢ ٣٣	+١١ ٥٤٫٢		١٠ ١٣
الدلو	٢٢ ٢٢ ٣١	−١٠ ٣٦٫٠	٤ ٣/٤ سنين	٧٫٨
δ قيفاوس	٢٢ ٢٤ ٢١	+٥٧ ٤٥٫٠	٥٫٣٦٦٤	٣٫٧ ٤٫٨
S الدلو	٢٢ ٥٠ ٨	−٢١ ٢٫١	٢٧٩٫٣	٨ >١١
β الفرس	٢٢ ٥٧ ٢٨	+٢٧ ٢٣٫٧	٣١٫٥ او ٤٣٫٤	٢ ٥٫٢
R "	٢٣ ٠ ٧	+٩ ٥٠٫٦	٥٧٨	٨٫٥ ١٣٫٥١
R الدلو	٢٣ ٣٧ ٥	−١٦ ٣٫٠	٣٥٤ او ٣٨٨٫٥	٧ >١٠

اسم النجم	ص م ١٨٧٠	ميل ١٨٧٠	مدة اياما	من قدر الى قدر
R ذات الكرسي	٢٣ ١٥ ٤٩	+٥٠ ٩ ٢٩	٤٣٤ ١٨	٦ ١٤ <

قائمة نجوم مثلثة ومربعة ومخمسة ومتعددة

اسم النجم	ص م ١٨٧٠	ميل ١٨٧٠	اقدار	بعد بينهما
ψ ذات الكرسي	١ ١٦ ٤٧	+٦٧ ٩ ٣٦	٤½ ٩ ١١	٢٣ ٣
γ المرأة المسلسلة	١ ٥٥ ٥٥	+٤١ ٤٢٫٤	٢½ ٥½ ٦	١٠٫٣ ٠٫٥
٢٧٦٠ ه الحمامة	٥ ٣١ ٦	−٣٥ ٣٧٫٨	٧ ٧½ ١١	٣٫٧ ٣٠
١١ وحيد القرن	٦ ٢٣ ٣١	−٦ ٥٧٫٠	٦½ ٧ ٨	٣٫٧ ٩٫٦
١٢ اللنكس	٦ ٣٤ ٤٤	+٥٩ ٣٤٫٢	٦ ٦½ ٧½	١٫٧ ٨٫٧
٢٩٢٨ ه السفينة	٧ ٠ ٤٨	−٣٤ ٣٥٫٣	٦½ ٨½ ١٠	٥٫٥ ٣٧
ζ السرطان	٨ ٤ ٤٥	+١٨ ٢٫٤	٦ ٧ ٧½	٠٫٧ ٥٫٤
γ السفينة	٨ ٥ ٣١	−٤٦ ٥٦٫٣	٢ ٦ ٨	٤١ ٦٢
٢٨٣٧ ب ا ك	٨ ٣٠ ٣٣	−٧١ ٥٫٣	٦ ٦½ ٧	٦٥
* السفينة	٨ ٣٤ ٥٨	−٤٧ ٢٩٫٧	٦ ٩ ١١	٤٫٤ ٣٠
٤٠١٦ S الكاس	١٢ ٢ ٣٧	−١١ ٦٫٧	٧ ٩ ٨	
Y قنطوروس	١٤ ١٣ ٣٠	−٥٧ ٥١٫٨	٥½ ٨ ١١	٩٫٦ ٣٥
١٥ الميزان	١٥ ٥٧ ١٣	−١١ ٠٫٨	٤½ ٥ ٧½	١٫٤ ٢٫٧
٢٧٩١ سوث الرامي	١٧ ٥٤ ٣١	−٣٣ ٢٫٠	٧ ١١ ٨	٥ ١٥
نجوم مربعة				
π² الكلب الاكبر	٦ ٤٩ ٣٣	−٢٠ ١٤٫٥	٦ ٩½ ١٠	٤٥ ٥٢ ١٢٥
β الشلياق	١٨ ٤٥ ١٥	+٣٣ ١٢٫٧	٣ و٥ ٨ ٨½ ٩	٤٦ ٦٠ ٧١
٥١١٣ ه الرامي	١٩ ١٥ ٥٥	−١٨ ٢٢٫٧	٨ ٨ ٨ ١٢	١٨ ٣٠ ٣٥
١٧٨ ب ٣٠ الدلفين	٢٠ ٣٥ ٠	+١٠ ٤٩٫٥	٧½ ٨ ١٦ ٩	١٤ ٣٠ ٠٫٧
٨² العظاية	٢٢ ٣٠ ٦	+٣٨ ٥٧٫٧	٦½ ٦½ ١١ ١٠	٢٢ ٨٣
نجوم مخمسة				
٢٧٨٠ ه الارنب	٥ ٣٣ ٤٤	−١٧ ٥٨٫٦	٧ ٧ ٨ ٨ ٨	

اسم النجم	ص م ١٨٧٠	ميل ١٨٧٠	اقدار	بعد بينهما
نجوم متعدّدة				
σ الجبار	٥س ٣٢د ٣٣ث	−٢° ٥′ ٤٠″	٤ ١١/٩ ٨/٨ ٧ ٨½	١٣ ١٣ ٤٢ ٢١١
α الصليب	١٢ ١٩ ٢٣	−٦٢ ٧ ٢٣	٢ ٢ ٥ ١٣ ١٤ ١٣ ٥	٩٠ ٦٠ ١٠٠ ١٠٠:١٢٥
ε الشلياق	١٨ ٤٠ ٠	+٣٩ ٠ ٣٣	٥ ٦½ ٥ ٥½ ١٣ ١٣ ١١	
β الجدي	٣٠ ١٣ ٤٣	−١٥ ٤ ١١	٣½ ٧	٢٠٥
التنين	١٥ ٥	+٥٨ ٢٥	٨ ١٣ ١٤ الخ	

الجدول الاوّل لتحويل ° ' " الى س د ث — الجدول الثاني لتحويل س د ث الى ° ' "

° ' "	س د ث	د ث ثو	° ' "	س د ث	د ث ثو	°	س	د	س	°	د ث ثو	° '	' "	ث ثو	' "	" ‴
١	٠	٤	٣١	٢	٤	٧٠	٤	٤٠	١	١٥	١		١٥	٣١	٧	٤٥
٢	٠	٨	٣٢	٢	٨	٨٠	٥	٢٠	٢	٣٠	٢		٣٠	٣٢	٨	٠٠
٣	٠	١٢	٣٣	٢	١٢	٩٠	٦	٠٠	٣	٤٥	٣		٤٥	٣٣	٨	١٥
٤	٠	١٦	٣٤	٢	١٦	١٠٠	٦	٤٠	٤	٦٠	٤	١	٠٠	٣٤	٨	٣٠
٥	٠	٢٠	٣٥	٢	٢٠	١١٠	٧	٢٠	٥	٧٥	٥	١	١٥	٣٥	٨	٤٥
٦	٠	٢٤	٣٦	٢	٢٤	١٢٠	٨	٠٠	٦	٩٠	٦	١	٣٠	٣٦	٩	٠٠
٧	٠	٢٨	٣٧	٢	٢٨	١٣٠	٨	٤٠	٧	١٠٥	٧	١	٤٥	٣٧	٩	١٥
٨	٠	٣٢	٣٨	٢	٣٢	١٤٠	٩	٢٠	٨	١٢٠	٨	٢	٠٠	٣٨	٩	٣٠
٩	٠	٣٦	٣٩	٢	٣٦	١٥٠	١٠	٠٠	٩	١٣٥	٩	٢	١٥	٤٩	٩	٤٥
١٠	٠	٤٠	٤٠	٢	٤٠	١٦٠	١٠	٤٠	١٠	١٥٠	١٠	٢	٣٠	٤٠	١٠	٠٠
١١	٠	٤٤	٤١	٢	٤٤	١٧٠	١١	٢٠	١١	١٦٥	١١	٢	٤٥	٤١	١٠	١٥
١٢	٠	٤٨	٤٢	٢	٤٨	١٨٠	١٢	٠٠	١٢	١٨٠	١٢	٣	٠٠	٤٢	١٠	٣٠
١٣	٠	٥٢	٤٣	٢	٥٢	١٩٠	١٢	٤٠	١٣	١٩٥	١٣	٣	١٥	٤٣	١٠	٤٥
١٤	٠	٥٦	٤٤	٢	٥٦	٢٠٠	١٣	٢٠	١٤	٢١٠	١٤	٣	٣٠	٤٤	١١	٠٠
١٥	١	٠	٤٥	٣	٠٠	٢١٠	١٤	٠٠	١٥	٢٢٥	١٥	٣	٤٥	٤٥	١١	١٥
١٦	١	٤	٤٦	٣	٤	٢٢٠	١٤	٤٠	١٦	٢٤٠	١٦	٤	٠٠	٤٦	١١	٣٠
١٧	١	٨	٤٧	٣	٨	٢٣٠	١٥	٢٠	١٧	٢٥٥	١٧	٤	١٥	٤٧	١١	٤٥
١٨	١	١٢	٤٨	٣	١٢	٢٤٠	١٦	٠٠	١٨	٢٧٠	١٨	٤	٣٠	٤٨	١٢	٠٠
١٩	١	١٦	٤٩	٣	١٦	٢٥٠	١٦	٤٠	١٩	٢٨٥	١٩	٤	٤٥	٤٩	١٢	١٥
٢٠	١	٢٠	٥٠	٣	٢٠	٢٦٠	١٧	٢٠	٢٠	٣٠٠	٢٠	٥	٠٠	٥٠	١٢	٣٠
٢١	١	٢٤	٥١	٣	٢٤	٢٧٠	١٨	٠٠	٢١	٣١٥	٢١	٥	١٥	٥١	١٢	٤٥
٢٢	١	٢٨	٥٢	٣	٢٨	٢٨٠	١٨	٤٠	٢٢	٣٣٠	٢٢	٥	٣٠	٥٢	١٣	٠٠
٢٣	١	٣٢	٥٣	٣	٣٢	٢٩٠	١٩	٢٠	٢٣	٣٤٥	٢٣	٥	٤٥	٥٣	١٣	١٥
٢٤	١	٣٦	٥٤	٣	٣٦	٣٠٠	٢٠	٠٠	٢٤	٣٦٠	٢٤	٦	٠٠	٥٤	١٣	٣٠
٢٥	١	٤٠	٥٥	٣	٤٠	٣١٠	٢٠	٤٠	٢٥	٣٧٥	٢٥	٦	١٥	٥٥	١٣	٤٥
٢٦	١	٤٤	٥٦	٣	٤٤	٣٢٠	٢١	٢٠	٢٦	٣٩٠	٢٦	٦	٣٠	٥٦	١٤	٠٠
٢٧	١	٤٨	٥٧	٣	٤٨	٣٣٠	٢٢	٠٠	٢٧	٤٠٥	٢٧	٦	٤٥	٥٧	١٤	١٥
٢٨	١	٥٢	٥٨	٣	٥٢	٣٤٠	٢٢	٤٠	٢٨	٤٣٠	٢٨	٧	٠٠	٨٥	١٤	٣٠
٢٩	١	٥٦	٥٩	٣	٥٦	٣٥٠	٢٣	٢٠	٢٩	٤٣٥	٢٩	٧	١٥	٥٩	١٤	٤٥
٣٠	٢	٠٠	٦٠	٤	٠٠	٣٦٠	٢٤	٠٠	٣٠	٤٥٠	٣٠	٧	٣٠	٦٠	١٥	٠٠

وقت نجمي	وقت وسط
٠٫٦١١٦٧ث	٠٫٦١ث
٠٫٦٢١٧٠	٠٫٦٢
٠٫٦٣١٧٣	٠٫٦٣
٠٫٦٤١٧٥	٠٫٦٤
٠٫٦٥١٧٨	٠٫٦٥
٠٫٦٦١٨١	٠٫٦٦
٠٫٦٧١٨٣	٠٫٦٧
٠٫٦٨١٨٦	٠٫٦٨
٠٫٦٩١٨٩	٠٫٦٩
٠٫٧٠١٩٢	٠٫٧٠
٠٫٧١١٩٤	٠٫٧١
٠٫٧٢١٩٧	٠٫٧٢
٠٫٧٣٢٠٠	٠٫٧٣
٠٫٧٤٢٠٣	٠٫٧٤
٠٫٧٥٢٠٥	٠٫٧٥
٠٫٧٦٢٠٨	٠٫٧٦
٠٫٧٧٢١١	٠٫٧٧
٠٫٧٨٢١٤	٠٫٧٨
٠٫٧٩٢١٦	٠٫٧٩
٠٫٨٠٢١٩	٠٫٨٠
٠٫٨١٢٢٢	٠٫٨١
٠٫٨٢٢٢٥	٠٫٨٢
٠٫٨٣٢٢٦	٠٫٨٣
٠٫٨٤٢٣٠	٠٫٨٤
٠٫٨٥٢٣٣	٠٫٨٥
٠٫٨٦٢٣٥	٠٫٨٦
٠٫٨٧٢٣٨	٠٫٨٧
٠٫٨٨٢٤١	٠٫٨٨
٠٫٨٩٢٤٤	٠٫٨٩
٠٫٩٠٢٤٦	٠٫٩٠
٠٫٩١٢٤٩	٠٫٩١
٠٫٩٢٢٥٢	٠٫٩٢
٠٫٩٣٢٥٥	٠٫٩٣
٠٫٩٤٢٥٧	٠٫٩٤
٠٫٩٥٢٦٠	٠٫٩٥
٠٫٩٦٢٦٣	٠٫٩٦
٠٫٩٧٢٦٦	٠٫٩٧
٠٫٩٨٢٦٨	٠٫٩٨
٠٫٩٩٢٧١	٠٫٩٩

وقت نجمي	وقت اوسط
٠٫٠١٠٠٣ث	٠٫٠١ث
٠٫٠٢٠٠٦	٠٫٠٢
٠٫٠٣٠٠٨	٠٫٠٣
٠٫٠٤٠١١	٠٫٠٤
٠٫٠٥٠١٤	٠٫٠٥
٠٫٠٦٠١٦	٠٫٠٦
٠٫٠٧٠١٩	٠٫٠٧
٠٫٠٨٠٢٢	٠٫٠٨
٠٫٠٩٠٢٥	٠٫٠٩
٠٫١٠٠٢٧	٠٫١٠
٠٫١١٠٣٠	٠٫١١
٠٫١٢٠٣٣	٠٫١٢
٠٫١٣٠٣٦	٠٫١٣
٠٫١٤٠٣٨	٠٫١٤
٠٫١٥٠٤١	٠٫١٥
٠٫١٦٠٤٤	٠٫١٦
٠٫١٧٠٤٧	٠٫١٧
٠٫١٨٠٤٩	٠٫١٨
٠٫١٩٠٥٢	٠٫١٩
٠٫٢٠٠٥٥	٠٫٢٠
٠٫٢١٠٥٧	٠٫٢١
٠٫٢٢٠٦٠	٠٫٢٢
٠٫٢٣٠٦٣	٠٫٢٣
٠٫٢٤٠٦٦	٠٫٢٤
٠٫٢٥٠٦٨	٠٫٢٥
٠٫٢٦٠٧١	٠٫٢٦
٠٫٢٧٠٧٤	٠٫٢٧
٠٫٢٨٠٧٧	٠٫٢٨
٠٫٢٩٠٧٩	٠٫٢٩
٠٫٣٠٠٨٢	٠٫٣٠
٠٫٣١٠٨٥	٠٫٣١
٠٫٣٢٠٨٨	٠٫٣٢
٠٫٣٣٠٩٠	٠٫٣٣
٠٫٣٤٠٩٣	٠٫٣٤
٠٫٣٥٠٩٦	٠٫٣٥
٠٫٣٦٠٩٩	٠٫٣٦
٠٫٣٧١٠١	٠٫٣٧
٠٫٣٨١٠٤	٠٫٣٨
٠٫٣٩١٠٧	٠٫٣٩
٠٫٤٠١١٠	٠٫٤٠
٠٫٤١١١٢	٠٫٤١
٠٫٤٢١١٥	٠٫٤٢
٠٫٤٣١١٨	٠٫٤٣
٠٫٤٤١٢٠	٠٫٤٤
٠٫٤٥١٢٣	٠٫٤٥
٠٫٤٦١٢٦	٠٫٤٦
٠٫٤٧١٢٩	٠٫٤٧
٠٫٤٨١٣١	٠٫٤٨
٠٫٤٩١٣٤	٠٫٤٩
٠٫٥٠١٣٧	٠٫٥٠
٠٫٥١١٤٠	٠٫٥١
٠٫٥٢١٤٢	٠٫٥٢
٠٫٥٣١٤٥	٠٫٥٣
٠٫٥٤١٤٨	٠٫٥٤
٠٫٥٥١٥١	٠٫٥٥
٠٫٥٦١٥٣	٠٫٥٦
٠٫٥٧١٥٦	٠٫٥٧
٠٫٥٨١٥٩	٠٫٥٨
٠٫٥٩١٦٢	٠٫٥٩
٠٫٦٠١٦٤	٠٫٦٠

وقت نجمي	وقت اوسط
١٫٠٠٢٧ ا ث	ا ث
٢٫٠٠٥٥	٢
٣٫٠٠٨٢	٣
٤٫٠١١٠	٤
٥٫٠١٣٧	٥
٦٫٠١٦٤	٦
٧٫٠١٩٢	٧
٨٫٠٢١٩	٨
٩٫٠٢٤٦	٩
١٠٫٠٢٧٤	١٠
١١٫٠٣٠١	١١
١٢٫٠٣٢٩	١٢
١٣٫٠٣٥٦	١٣
١٤٫٠٣٨٣	١٤
١٥٫٠٤١١	١٥
١٦٫٠٤٣٨	١٦
١٧٫٠٤٦٥	١٧
١٨٫٠٤٩٣	١٨
١٩٫٠٥٢٠	١٩
٢٠٫٠٥٤٨	٢٠
٢١٫٠٥٧٥	٢١
٢٢٫٠٦٠٢	٢٢
٢٣٫٠٦٣٠	٢٣
٢٤٫٠٦٥٧	٢٤
٢٥٫٠٦٨٥	٢٥
٢٦٫٠٧١٢	٢٦
٢٧٫٠٧٣٩	٢٧
٢٨٫٠٧٦٧	٢٨
٢٩٫٠٧٩٤	٢٩
٣٠٫٠٨٢١	٣٠
٣١٫٠٨٤٩	٣١
٣٢٫٠٨٧٦	٣٢
٣٣٫٠٩٠٤	٣٣
٣٤٫٠٩٣١	٣٤
٣٥٫٠٩٥٨	٣٥
٣٦٫٠٩٨٦	٣٦
٣٧٫١٠١٣	٣٧
٣٨٫١٠٤٠	٣٨
٣٩٫١٠٦٨	٣٩
٤٠٫١٠٩٥	٤٠
٤١٫١١٢٣	٤١
٤٢٫١١٥٠	٤٢
٤٣٫١١٧٧	٤٣
٤٤٫١٢٠٥	٤٤
٤٥٫١٢٣٢	٤٥
٤٦٫١٢٥٩	٤٦
٤٧٫١٢٨٧	٤٧
٤٨٫١٣١٤	٤٨
٤٩٫١٣٤٢	٤٩
٥٠٫١٣٦٩	٥٠
٥١٫١٣٩٦	٥١
٥٢٫١٤٢٤	٥٢
٥٣٫١٤٥١	٥٣
٥٤٫١٤٧٩	٥٤
٥٥٫١٥٠٦	٥٥
٥٦٫١٥٣٣	٥٦
٥٧٫١٥٦١	٥٧
٥٨٫١٥٨٨	٥٨
٥٩٫١٦١٥	٥٩
٦٠٫١٦٤٣	٦٠

وقت نجمي	وقت اوسط
ا د ٠٫١٦٤٣ ث	ا د
٢ ٠٫٣٢٨٦	٢
٣ ٠٫٤٩٢٨	٣
٤ ٠٫٦٥٧١	٤
٥ ٠٫٨٢١٤	٥
٦ ٠٫٩٨٥٧	٦
٧ ١٫١٤٩٩	٧
٨ ١٫٣١٤٢	٨
٩ ١٫٤٧٨٥	٩
١٠ ١٫٦٤٢٨	١٠
١١ ١٫٨٠٧٠	١١
١٢ ١٫٩٧١٣	١٢
١٣ ٢٫١٣٥٦	١٣
١٤ ٢٫٢٩٩٨	١٤
١٥ ٢٫٤٦٤١	١٥
١٦ ٢٫٦٢٨٤	١٦
١٧ ٢٫٧٩٢٧	١٧
١٨ ٢٫٩٥٦٩	١٨
١٩ ٣٫١٢١٢	١٩
٢٠ ٣٫٢٨٥٥	٢٠
٢١ ٣٫٤٤٩٨	٢١
٢٢ ٣٫٦١٤٠	٢٢
٢٣ ٣٫٧٧٨٣	٢٣
٢٤ ٣٫٩٤٢٦	٢٤
٢٥ ٤٫١٠٦٩	٢٥
٢٦ ٤٫٢٧١١	٢٦
٢٧ ٤٫٤٣٥٤	٢٧
٢٨ ٤٫٥٩٩٧	٢٨
٢٩ ٤٫٧٦٤٠	٢٩
٣٠ ٤٫٩٢٨٢	٣٠
٣١ ٥٫٠٩٢٥	٣١
٣٢ ٥٫٢٥٦٨	٣٢
٣٣ ٥٫٤٢١١	٣٣
٣٤ ٥٫٥٨٥٣	٣٤
٣٥ ٥٫٧٤٩٦	٣٥
٣٦ ٥٫٩١٣٩	٣٦
٣٧ ٦٫٠٧٨٢	٣٧
٣٨ ٦٫٢٤٢٤	٣٨
٣٩ ٦٫٤٠٦٧	٣٩
٤٠ ٦٫٥٧١٠	٤٠
٤١ ٦٫٧٣٥٢	٤١
٤٢ ٦٫٨٩٩٥	٤٢
٤٣ ٧٫٠٦٣٨	٤٣
٤٤ ٧٫٢٢٨١	٤٤
٤٥ ٧٫٣٩٢٤	٤٥
٤٦ ٧٫٥٥٦٦	٤٦
٤٧ ٧٫٧٢٠٩	٤٧
٤٨ ٧٫٨٨٥٢	٤٨
٤٩ ٨٫٠٤٩٥	٤٩
٥٠ ٨٫٢١٣٧	٥٠
٥١ ٨٫٣٧٨٠	٥١
٥٢ ٨٫٥٤٢٣	٥٢
٥٣ ٨٫٧٠٦٦	٥٣
٥٤ ٨٫٨٧٠٨	٥٤
٥٥ ٩٫٠٣٥١	٥٥
٥٦ ٩٫١٩٩٤	٥٦
٥٧ ٩٫٣٦٣٧	٥٧
٥٨ ٩٫٥٢٧٩	٥٨
٥٩ ٩٫٦٩٢٢	٥٩
٦٠ ٩٫٨٥٦٥	٦٠

وقت نجمي	وقت اوسط
ا س ٠ د ٩٫٨٥٦٥ ث	ا س
٢ ٠ ١٩٫٧١٣٠	٢
٣ ٠ ٢٩٫٥٦٩٤	٣
٤ ٠ ٣٩٫٤٢٥٩	٤
٥ ٠ ٤٩٫٢٨٢٤	٥
٦ ٠ ٥٩٫١٣٨٨	٦
٧ ١ ٨٫٩٩٥٣	٧
٨ ١ ١٨٫٨٥١٨	٨
٩ ١ ٢٨٫٧٠٨٣	٩
١٠ ١ ٣٨٫٥٦٤٧	١٠
١١ ١ ٤٨٫٤٢١٢	١١
١٢ ١ ٥٨٫٢٧٧٧	١٢
١٣ ٢ ٨٫١٣٤٢	١٣
١٤ ٢ ١٧٫٩٩٠٦	١٤
١٥ ٢ ٢٧٫٨٤٧١	١٥
١٦ ٢ ٣٧٫٧٠٣٦	١٦
١٧ ٢ ٤٧٫٥٦٠٠	١٧
١٨ ٢ ٥٧٫٤١٦٥	١٨
١٩ ٣ ٧٫٢٧٣٠	١٩
٢٠ ٣ ١٧٫١٢٩٥	٢٠
٢١ ٣ ٢٦٫٩٨٥٩	٢١
٢٢ ٣ ٣٦٫٨٤٢٤	٢٢
٢٣ ٣ ٤٦٫٦٩٨٩	٢٣
٢٤ ٣ ٥٦٫٥٥٥٤	٢٤

وقت اوسط	وقت نجمي	وقت اوسط	وقت نجمي	وقت اوسط	وقت نجمي	وقت اوسط	وقت نجمي	وقت اوسط	وقت نجمي
٠٫٦٠٨٣٣ ث	٠٫٦١ ث	٠٫٠٠٩٩٧ ث	٠٫٠١ ث	٠٫٩٩٧٣ ث	١ ث	٠ د ٥٩٫٨٣٦٢ ث	١ د	٠ س ٥٩ د ٥٠٫١٧٠٤ ث	١ س
٠٫٦١٨٣١	٠٫٦٢	٠٫٠١٩٩٥	٠٫٠٢	١٫٩٩٤٥	٢	١ ٥٩٫٦٧٢٣	٢	١ ٥٩ ٤٠٫٣٤٠٩	٢
٠٫٦٢٨٢٨	٠٫٦٣	٠٫٠٢٩٩٢	٠٫٠٣	٢٫٩٩١٨	٣	٢ ٥٩٫٥٠٨٥	٣	٢ ٥٩ ٣٠٫٥١١٣	٣
٠٫٦٣٨٢٥	٠٫٦٤	٠٫٠٣٩٨٩	٠٫٠٤	٣٫٩٨٩١	٤	٣ ٥٩٫٣٤٤٧	٤	٣ ٥٩ ٢٠٫٦٨١٨	٤
٠٫٦٤٨٢٢	٠٫٦٥	٠٫٠٤٩٨٦	٠٫٠٥	٤٫٩٨٦٤	٥	٤ ٥٩٫١٨٠٩	٥	٤ ٥٩ ١٠٫٨٥٢٢	٥
٠٫٦٥٨٢٠	٠٫٦٦	٠٫٠٥٩٨٤	٠٫٠٦	٥٫٩٨٣٦	٦	٥ ٥٩٫٠١٧٠	٦	٥ ٥٩ ١٫٠٢٢٦	٦
٠٫٦٦٨١٧	٠٫٦٧	٠٫٠٦٩٨١	٠٫٠٧	٦٫٩٨٠٩	٧	٦ ٥٨٫٨٥٣٢	٧	٦ ٥٨ ٥١٫١٩٣١	٧
٠٫٦٧٨١٤	٠٫٦٨	٠٫٠٧٩٧٨	٠٫٠٨	٧٫٩٧٨٢	٨	٧ ٥٨٫٦٨٩٤	٨	٧ ٥٨ ٤١٫٣٦٣٥	٨
٠٫٦٨٨١٢	٠٫٦٩	٠٫٠٨٩٧٥	٠٫٠٩	٨٫٩٧٥٤	٩	٨ ٥٨٫٥٢٥٦	٩	٨ ٥٨ ٣١٫٥٣٤٠	٩
٠٫٦٩٨٠٩	٠٫٧٠	٠٫٠٩٩٧٣	٠٫١٠	٩٫٩٧٢٧	١٠	٩ ٥٨٫٣٦١٧	١٠	٩ ٥٨ ٢١٫٧٠٤٤	١٠
٠٫٧٠٨٠٦	٠٫٧١	٠٫١٠٩٧٠	٠٫١١	١٠٫٩٧٠٠	١١	١٠ ٥٨٫١٩٧٩	١١	١٠ ٥٨ ١١٫٨٧٤٨	١١
٠٫٧١٨٠٣	٠٫٧٢	٠٫١١٩٦٧	٠٫١٢	١١٫٩٦٧٣	١٢	١١ ٥٨٫٠٣٤١	١٢	١١ ٥٨ ٢٫٠٤٥٢	١٢
٠٫٧٢٨٠١	٠٫٧٣	٠٫١٢٩٦٥	٠٫١٣	١٢٫٩٦٤٥	١٣	١٢ ٥٧٫٨٧٠٣	١٣	١٢ ٥٧ ٥٢٫٢١٥٧	١٣
٠٫٧٣٧٩٨	٠٫٧٤	٠٫١٣٩٦٢	٠٫١٤	١٣٫٩٦١٨	١٤	١٣ ٥٧٫٧٠٦٤	١٤	١٣ ٥٧ ٤٢٫٣٨٦١	١٤
٠٫٧٤٧٩٥	٠٫٧٥	٠٫١٤٩٥٩	٠٫١٥	١٤٫٩٥٩١	١٥	١٤ ٥٧٫٥٤٢٦	١٥	١٤ ٥٧ ٣٢٫٥٥٦٦	١٥
٠٫٧٥٧٩٢	٠٫٧٦	٠٫١٥٩٥٦	٠٫١٦	١٥٫٩٥٦٣	١٦	١٥ ٥٧٫٣٧٨٨	١٦	١٥ ٥٧ ٢٢٫٧٢٧٠	١٦
٠٫٧٦٧٩٠	٠٫٧٧	٠٫١٦٩٥٤	٠٫١٧	١٦٫٩٥٣٦	١٧	١٦ ٥٧٫٢١٥٠	١٧	١٦ ٥٧ ١٢٫٨٩٧٥	١٧
٠٫٧٧٧٨٧	٠٫٧٨	٠٫١٧٩٥١	٠٫١٨	١٧٫٩٥٠٩	١٨	١٧ ٥٧٫٠٥١١	١٨	١٧ ٥٧ ٣٫٠٦٧٩	١٨
٠٫٧٨٧٨٤	٠٫٧٩	٠٫١٨٩٤٨	٠٫١٩	١٨٫٩٤٨١	١٩	١٨ ٥٦٫٨٨٧٣	١٩	١٨ ٥٦ ٥٣٫٢٣٨٤	١٩
٠٫٧٩٧٨٢	٠٫٨٠	٠٫١٩٩٤٥	٠٫٢٠	١٩٫٩٤٥٤	٢٠	١٩ ٥٦٫٧٢٣٥	٢٠	١٩ ٥٦ ٤٣٫٤٠٨٨	٢٠
٠٫٨٠٧٧٩	٠٫٨١	٠٫٢٠٩٤٣	٠٫٢١	٢٠٫٩٤٢٧	٢١	٢٠ ٥٦٫٥٥٩٧	٢١	٢٠ ٥٦ ٣٣٫٥٧٩٢	٢١
٠٫٨١٧٧٦	٠٫٨٢	٠٫٢١٩٤٠	٠٫٢٢	٢١٫٩٣٩٩	٢٢	٢١ ٥٦٫٣٩٥٨	٢٢	٢١ ٥٦ ٢٣٫٧٤٩٧	٢٢
٠٫٨٢٧٧٣	٠٫٨٣	٠٫٢٢٩٣٧	٠٫٢٣	٢٢٫٩٣٧٢	٢٣	٢٢ ٥٦٫٢٣٢٠	٢٣	٢٢ ٥٦ ١٣٫٩٢٠١	٢٣
٠٫٨٣٧٧١	٠٫٨٤	٠٫٢٣٩٣٤	٠٫٢٤	٢٣٫٩٣٤٥	٢٤	٢٣ ٥٦٫٠٦٨٢	٢٤	٢٣ ٥٦ ٤٫٠٩٠٦	٢٤
٠٫٨٤٧٦٨	٠٫٨٥	٠٫٢٤٩٣٢	٠٫٢٥	٢٤٫٩٣١٨	٢٥	٢٤ ٥٥٫٩٠٤٤	٢٥		
٠٫٨٥٧٦٥	٠٫٨٦	٠٫٢٥٩٢٩	٠٫٢٦	٢٥٫٩٢٩٠	٢٦	٢٥ ٥٥٫٧٤٠٥	٢٦		
٠٫٨٦٧٦٢	٠٫٨٧	٠٫٢٦٩٢٦	٠٫٢٧	٢٦٫٩٢٦٣	٢٧	٢٦ ٥٥٫٥٧٦٧	٢٧		
٠٫٨٧٧٦٠	٠٫٨٨	٠٫٢٧٩٢٤	٠٫٢٨	٢٧٫٩٢٣٦	٢٨	٢٧ ٥٥٫٤١٢٩	٢٨		
٠٫٨٨٧٥٧	٠٫٨٩	٠٫٢٨٩٢١	٠٫٢٩	٢٨٫٩٢٠٨	٢٩	٢٨ ٥٥٫٢٤٩٠	٢٩		
٠٫٨٩٧٥٤	٠٫٩٠	٠٫٢٩٩١٨	٠٫٣٠	٢٩٫٩١٨١	٣٠	٢٩ ٥٥٫٠٨٥٢	٣٠		
٠٫٩٠٧٥٢	٠٫٩١	٠٫٣٠٩١٥	٠٫٣١	٣٠٫٩١٥٤	٣١	٣٠ ٥٤٫٩٢١٤	٣١		
٠٫٩١٧٤٩	٠٫٩٢	٠٫٣١٩١٣	٠٫٣٢	٣١٫٩١٢٦	٣٢	٣١ ٥٤٫٧٥٧٦	٣٢		
٠٫٩٢٧٤٦	٠٫٩٣	٠٫٣٢٩١٠	٠٫٣٣	٣٢٫٩٠٩٩	٣٣	٣٢ ٥٤٫٥٩٣٧	٣٣		
٠٫٩٣٧٤٣	٠٫٩٤	٠٫٣٣٩٠٧	٠٫٣٤	٣٣٫٩٠٧٢	٣٤	٣٣ ٥٤٫٤٢٩٩	٣٤		
٠٫٩٤٧٤١	٠٫٩٥	٠٫٣٤٩٠٤	٠٫٣٥	٣٤٫٩٠٤٥	٣٥	٣٤ ٥٤٫٢٦٦١	٣٥		
٠٫٩٥٧٣٨	٠٫٩٦	٠٫٣٥٩٠٢	٠٫٣٦	٣٥٫٩٠١٧	٣٦	٣٥ ٥٤٫١٠٢٣	٣٦		
٠٫٩٦٧٣٥	٠٫٩٧	٠٫٣٦٨٩٩	٠٫٣٧	٣٦٫٨٩٩٠	٣٧	٣٦ ٥٣٫٩٣٨٤	٣٧		
٠٫٩٧٧٣٢	٠٫٩٨	٠٫٣٧٨٩٦	٠٫٣٨	٣٧٫٨٩٦٣	٣٨	٣٧ ٥٣٫٧٧٤٦	٣٨		
٠٫٩٨٧٣٠	٠٫٩٩	٠٫٣٨٨٩٤	٠٫٣٩	٣٨٫٨٩٣٥	٣٩	٣٨ ٥٣٫٦١٠٨	٣٩		
		٠٫٣٩٨٩١	٠٫٤٠	٣٩٫٨٩٠٨	٤٠	٣٩ ٥٣٫٤٤٧٠	٤٠		
		٠٫٤٠٨٨٨	٠٫٤١	٤٠٫٨٨٨١	٤١	٤٠ ٥٣٫٢٨٣١	٤١		
		٠٫٤١٨٨٥	٠٫٤٢	٤١٫٨٨٥٣	٤٢	٤١ ٥٣٫١١٩٣	٤٢		
		٠٫٤٢٨٨٣	٠٫٤٣	٤٢٫٨٨٢٦	٤٣	٤٢ ٥٢٫٩٥٥٥	٤٣		
		٠٫٤٣٨٨٠	٠٫٤٤	٤٣٫٨٧٩٩	٤٤	٤٣ ٥٢٫٧٩١٧	٤٤		
		٠٫٤٤٨٧٧	٠٫٤٥	٤٤٫٨٧٧٢	٤٥	٤٤ ٥٢٫٦٢٧٨	٤٥		
		٠٫٤٥٨٧٤	٠٫٤٦	٤٥٫٨٧٤٤	٤٦	٤٥ ٥٢٫٤٦٤٠	٤٦		
		٠٫٤٦٨٧٢	٠٫٤٧	٤٦٫٨٧١٧	٤٧	٤٦ ٥٢٫٣٠٠٢	٤٧		
		٠٫٤٧٨٦٩	٠٫٤٨	٤٧٫٨٦٩٠	٤٨	٤٧ ٥٢٫١٣٦٤	٤٨		
		٠٫٤٨٨٦٦	٠٫٤٩	٤٨٫٨٦٦٢	٤٩	٤٨ ٥١٫٩٧٢٥	٤٩		
		٠٫٤٩٨٦٤	٠٫٥٠	٤٩٫٨٦٣٥	٥٠	٤٩ ٥١٫٨٠٨٧	٥٠		
		٠٫٥٠٨٦١	٠٫٥١	٥٠٫٨٦٠٨	٥١	٥٠ ٥١٫٦٤٤٩	٥١		
		٠٫٥١٨٥٨	٠٫٥٢	٥١٫٨٥٨٠	٥٢	٥١ ٥١٫٤٨١٠	٥٢		
		٠٫٥٢٨٥٥	٠٫٥٣	٥٢٫٨٥٥٣	٥٣	٥٢ ٥١٫٣١٧٢	٥٣		
		٠٫٥٣٨٥٣	٠٫٥٤	٥٣٫٨٥٢٦	٥٤	٥٣ ٥١٫١٥٣٤	٥٤		
		٠٫٥٤٨٥٠	٠٫٥٥	٥٤٫٨٤٩٩	٥٥	٥٤ ٥٠٫٩٨٩٦	٥٥		
		٠٫٥٥٨٤٧	٠٫٥٦	٥٥٫٨٤٧١	٥٦	٥٥ ٥٠٫٨٢٥٧	٥٦		
		٠٫٥٦٨٤٤	٠٫٥٧	٥٦٫٨٤٤٤	٥٧	٥٦ ٥٠٫٦٦١٩	٥٧		
		٠٫٥٧٨٤٢	٠٫٥٨	٥٧٫٨٤١٧	٥٨	٥٧ ٥٠٫٤٩٨١	٥٨		
		٠٫٥٨٨٣٩	٠٫٥٩	٥٨٫٨٣٨٩	٥٩	٥٨ ٥٠٫٣٣٤٣	٥٩		
		٠٫٥٩٨٣٦	٠٫٦٠	٥٩٫٨٣٦٢	٦٠	٥٩ ٥٠٫١٧٠٤	٦٠		

الجدول الخامس

جدول انكسار مع انسابه وفضلاتها

بعد سمتي	انكسار اوسط	نسب	فضلة	بعد سمتي	انكسار اوسط	نسب	فضلة	بعد سمتي	انكسار اوسط	نسب	فضلة
١	٠' ١"٫٠٢	٠٫٠٠٠٨٥	٢٠١٢	٥١	١' ١٢"٫٠٢	١٫٨٥٧٤٧	١٥٥١	٧٥° ١٠	٣' ٣٧"٫١٦	٢٫٣٣٦٧٧	٤٩٧
٢	٢٫٠٤	٠٫٠٢٠٩٧	١٧٦٣	٥٢	١٤٫٦٤	١٫٨٧٢٩٨	١٥٦٥	٢٠	٣٩٫٦٥	٢٫٣٤١٧٤	٥٠٢
٣	٣٫٠٦	٠٫٠٤٨٦٠	١٢٥٢	٥٣	١٧٫٢٨	١٫٨٨٨٦٣	١٥٧٧	٣٠	٤٢٫٢١	٢٫٣٤٦٧٦	٥٠٧
٤	٤٫٠٨	٠٫٠٦١١٢	٩٧٤	٥٤	٢٠٫٢٤	١٫٩٠٤٤٠	١٥٩٦	٤٠	٤٤٫٨٢	٢٫٣٥١٨٣	٥١٢
٥	٥٫١١	٠٫٠٧٠٨٦	٧٩٦	٥٥	٢٣٫٢٥	١٫٩٢٠٣٦	١٦١٧	٥٠	٤٧٫٤٨	٢٫٣٥٦٩٥	٥١٧
٦	٦٫١٤	٠٫٠٧٨٨٢	٦٧٥	٥٦	٢٦٫٤١	١٫٩٣٦٥٣	١٦٣٨	٧٦ ٠٠	٥٠٫٢١	٢٫٣٦٢١٢	٥٢٣
٧	٧٫١٧	٠٫٠٨٥٥٧	٥٨٧	٥٧	٢٩٫٧٣	١٫٩٥٢٩١	١٦٦٤	١٠	٥٣٫٠٠	٢٫٣٦٧٣٥	٥٢٨
٨	٨٫٢١	٠٫٠٩١٤٤	٥١٩	٥٨	٣٣٫٢٣	١٫٩٦٩٥٥	١٦٩١	٢٠	٥٥٫٨٥	٢٫٣٧٢٦٣	٥٣٣
٩	٩٫٢٥	٠٫٠٩٦٦٣	٤٦٦	٥٩	٣٦٫٩٢	١٫٩٨٦٤٦	١٧٢٢	٣٠	٥٨٫٧٦	٢٫٣٧٧٩٦	٥٣٨
١٠	١٠٫٣٠	١٫٠١٢٩	٤٢٤	٦٠	٤٠٫٨٥	٢٫٠٠٣٦٨	١٧٥٦	٤٠	٤' ١٫٧٤	٢٫٣٨٣٣٤	٥٤٥
١١	١١٫٣٥	١٫٠٥٥٣	٣٨٨	٦١	٤٥٫٠١	٢٫٠٢١٢٤	١٧٩٤	٥٠	٤٫٧٩	٢٫٣٨٨٧٩	٥٥١
١٢	١٢٫٤٢	١٫٠٩٤١	٣٥٩	٦٢	٤٩٫٤٤	٢٫٠٣٩١٨	١٨٣٦	٧٧ ٠٠	٧٫٩١	٢٫٣٩٤٣٠	٥٥٧
١٣	١٣٫٤٩	١٫١٣٠٠	٣٣٤	٦٣	٥٤٫١٧	٢٫٠٥٧٥٤	١٨٨١	١٠	١١٫١١	٢٫٣٩٩٨٧	٥٦٣
١٤	١٤٫٥٦	١٫١٦٣٤	٣١٣	٦٤	٥٩٫٢٢	٢٫٠٧٦٣٥	١٩٣٢	٢٠	١٤٫٣٩	٢٫٤٠٥٥٠	٥٦٩
١٥	١٥٫٦٦	١٫١٩٤٧	٢٩٤	٦٥	٢' ٤٫٦٥	٢٫٠٩٥٦٧	١٩٨٨	٣٠	١٧٫٧٤	٢٫٤١١١٩	٥٧٦
١٦	١٦٫٧٥	١٫٢٢٤١	٢٧٨	٦٦	١٠٫٤٨	٢٫١١٥٥٥	٢٠٤٨	٤٠	٢١٫١٩	٢٫٤١٦٩٥	٥٨٣
١٧	١٧٫٨٦	١٫٢٥١٩	٢٦٥	٦٧	١٦٫٧٨	٢٫١٣٦٠٢	٢١١٦	٥٠	٢٤٫٧٢	٢٫٤٢٢٧٨	٥٨٩
١٨	١٨٫٩٨	١٫٢٧٨٤	٢٥٢	٦٨	٢٣٫٦١	٢٫١٥٧١٩	٢١٩١	٧٨ ٠٠	٢٨٫٣٣	٢٫٤٢٨٦٧	٥٩٦
١٩	٢٠٫١١	١٫٣٠٣٦	٢٤١	٦٩	٣١٫٠٤	٢٫١٧٩١٠	٢٢٧٥	١٠	٣٢٫٠٤	٢٫٤٣٤٦٣	٦٠٣
٢٠	٢١٫٢٦	١٫٣٢٧٧	٢٣٠	٧٠	٣٩٫١٦	٢٫٢٠١٨٥	٣٨٨	٢٠	٣٥٫٨٤	٢٫٤٤٠٦٦	٦١١
٢١	٢٢٫٤٢	١٫٣٥٠٧	٢٢٢	٧٠° ١٠	٤٠٫٥٩	٢٫٢٠٥٧٣	٣٩٠	٣٠	٣٩٫٧٥	٢٫٤٤٦٧٧	٦١٨
٢٢	٢٣٫٦٠	١٫٣٧٢٩	٢١٥	٢٠	٤٢٫٠٤	٢٫٢٠٩٦٣	٣٩٣	٤٠	٤٣٫٧٦	٢٫٤٥٢٩٥	٦٢٦
٢٣	٢٤٫٨٠	١٫٣٩٤٤	٢٠٧	٣٠	٤٣٫٥٢	٢٫٢١٣٥٦	٣٩٦	٥٠	٤٧٫٨٨	٢٫٤٥٩٢١	٦٣٥
٢٤	٢٦٫٠١	١٫٤١٥١	٢٠١	٤٠	٤٥٫٠٢	٢٫٢١٧٥٢	٣٩٨	٧٩ ٠٠	٥٢٫١٢	٢٫٤٦٥٥٦	٦٤٢
٢٥	٢٧٫٢٤	١٫٤٣٥٢	١٩٥	٥٠	٤٦٫٥٣	٢٫٢٢١٥٠	٤٠٢	١٠	٥٦٫٤٧	٢٫٤٧١٩٨	٦٥٠
٢٦	٢٨٫٤٩	١٫٤٥٤٧	١٨٩	٧١ ٠٠	٤٨٫٠٨	٢٫٢٢٥٥٢	٤٠٤	٢٠	٥' ٠٫٩٤	٢٫٤٧٨٤٨	٦٥٩
٢٧	٢٩٫٧٦	١٫٤٧٣٦	١٨٥	١٠	٤٩٫٦٥	٢٫٢٢٩٥٦	٤٠٧	٣٠	٥٫٥٤	٢٫٤٨٥٠٧	٦٦٩
٢٨	٣١٫٠٥	١٫٤٩٢١	١٨١	٢٠	٥١٫٢٥	٢٫٢٣٣٦٣	٤١٠	٤٠	١٠٫٢٨	٢٫٤٩١٧٦	٦٧٧
٢٩	٣٢٫٣٨	١٫٥١٠٢	١٧٧	٣٠	٥٢٫٨٧	٢٫٢٣٧٧٣	٤١٣	٥٠	١٥٫١٦	٢٫٤٩٨٥٣	٦٨٨
٣٠	٣٣٫٧٢	١٫٥٢٧٩	١٧٣	٤٠	٥٤٫٥٢	٢٫٢٤١٨٦	٤١٧	٨٠ ٠٠	٢٠٫١٩	٢٫٥٠٥٤١	٦٩٦
٣١	٣٥٫٠٩	١٫٥٤٥٢	١٧٠	٥٠	٥٦٫٢١	٢٫٢٤٦٠٣	٤١٩	١٠	٢٥٫٣٦	٢٫٥١٢٣٧	٧٠٧
٣٢	٣٦٫٤٩	١٫٥٦٢٢	١٦٨	٧٢ ٠٠	٥٧٫٩٢	٢٫٢٥٠٢٢	٤٢٣	٢٠	٣٠٫٧٠	٢٫٥١٩٤٤	٧١٦
٣٣	٣٧٫٩٣	١٫٥٧٩٠	١٦٤	١٠	٥٩٫٦٦	٢٫٢٥٤٤٥	٤٢٥	٣٠	٣٦٫٢٠	٢٫٥٢٦٦٠	٧٢٧
٣٤	٣٩٫٣٩	١٫٥٩٥٤	١٦٢	٢٠	٣' ١٫٤٣	٢٫٢٥٨٧٠	٤٢٩	٤٠	٤١٫٨٨	٢٫٥٣٣٨٧	٧٣٨
٣٥	٤٠٫٨٩	١٫٦١١٦	١٦٠	٣٠	٣٫٢٣	٢٫٢٦٢٩٩	٤٣٣	٥٠	٤٧٫٧٤	٢٫٥٤١٢٥	٧٤٩
٣٦	٤٢٫٤٢	٢٫٦٢٧٦	١٥٩	٤٠	٥٫٠٦	٢٫٢٦٧٣٢	٤٣٦	٨١ ٠٠	٥٣٫٧٩	٢٫٥٤٨٧٤	٧٦١
٣٧	٤٤٫٠٠	١٫٦٤٣٥	١٥٦	٥٠	٦٫٩٣	٢٫٢٧١٦٨	٤٤٠	١٠	٦' ٠٫٠٤	٢٫٥٥٦٣٥	٧٧٢
٣٨	٤٥٫٦١	١٫٦٥٩١	١٥٥	٧٣ ٠٠	٨٫٨٣	٢٫٢٧٦٠٨	٤٤٣	٢٠	٦٫٥٠	٢٫٥٦٤٠٧	٧٨٥
٣٩	٤٧٫٢٧	١٫٦٧٤٦	١٥٥	١٠	١٠٫٧٧	٢٫٢٨٠٥١	٤٤٧	٣٠	١٣٫١٨	٢٫٥٧١٩٢	٧٩٧
٤٠	٤٨٫٩٩	١٫٦٩٠١	١٥٤	٢٠	١٢٫٧٤	٢٫٢٨٤٩٨	٤٥٠	٤٠	٢٠٫٠٩	٢٫٥٧٩٨٩	٨١١
٤١	٥٠٫٧٥	١٫٧٠٥٥	١٥٣	٣٠	١٤٫٧٥	٢٫٢٨٩٤٨	٤٥٤	٥٠	٢٧٫٢٦	٢٫٥٨٨٠٠	٨٢٤
٤٢	٥٢٫٥٧	١٫٧٢٠٧	١٥١	٤٠	١٦٫٨٠	٢٫٢٩٤٠٢	٤٥٨	٨٢ ٠٠	٣٤٫٦٨	٢٫٥٩٦٢٤	٨٣٨
٤٣	٥٤٫٤٣	١٫٧٣٥٨	١٥٢	٥٠	١٨٫٨٨	٢٫٢٩٨٦٠	٤٦٣	١٠	٤٢٫٣٧	٢٫٦٠٤٦٢	٨٥١
٤٤	٥٦٫٣٥	١٫٧٥١٠	١٥١	٧٤ ٠٠	٢١٫٠١	٢٫٣٠٣٢٣	٤٦٧	٢٠	٥٠٫٣٣	٢٫٦١٣١٣	٨٦٦
٤٥	٥٨٫٣٦	١٫٧٦٦١١	١٥١٢	١٠	٢٣٫١٨	٢٫٣٠٧٨٩	٤٧٠	٣٠	٥٨٫٥٩	٢٫٦٢١٧٩	٨٨٣
٤٦	١' ٠٫٤٣	١٫٧٨١٢٣	١٥١٤	٢٠	٢٥٫٣٩	٢٫٣١٢٥٩	٤٧٥	٤٠	٧' ٧٫١٩	٢٫٦٣٠٦٢	٨٩٩
٤٧	٢٫٥٧	١٫٧٩٦٣٧	١٥١٨	٣٠	٢٧٫٦٦	٢٫٣١٧٣٤	٤٧٩	٥٠	١٦٫١٣	٢٫٦٣٩٦١	٩١٤
٤٨	٤٫٨٠	١٫٨١١٥٥	١٥٢٢	٤٠	٢٩٫٩٥	٢٫٣٢٢١٣	٤٨٣	٨٣ ٠٠	٢٥٫٤٠	٢٫٦٤٨٧٥	٩٣١
٤٩	٧٫١١	١٫٨٢٦٧٨	١٥٢٠	٥٠	٣٢٫٣٠	٢٫٣٢٦٩٦	٤٨٨	١٠	٣٥٫٠٥	٢٫٦٥٨٠٦	٩٤٩
٥٠	٩٫٥٢	١٫٨٤٢٠٨	١٥٢٩	٧٥ ٠٠	٣٤٫٧٠	٢٫٣٣١٨٤	٤٩٣	٢٠	٤٥٫١٠	٢٫٦٦٧٥٥	٩٦٧

بعد سمتي	انكسار اوسط	نسب	فضلة	بعد سمتي	انكسار اوسط	نسب	فضلة	بعد سمتي	انكسار اوسط	نسب	فضلة
°٨٣′٣٠	′٧″٥٥٫٥٨	٢٫٦٧٧٢٢	٩٨٦	°٨٥′٥٠	′١١″٢٥٫٦٦	٢٫٨٣٦١١	١٣٤٠	°٨٨′١٠	′١٩″٩٫٠	٣٫٠٦٠٢١	١٩٦٧
٤٠	٨ ٦٫٥٠	٢٫٦٨٧٠٨	١٠٠٦	٨٦ ٠٠	٤٧٫١٥	٢٫٨٤٩٥١	١٣٧٤	٢٠	٢٠ ٢٫٢	٣٫٠٧٩٩٨	٢٠٢٦
٥٠	١٧٫٩٠	٢٫٦٩٧١٤	١٠٢٦	١٠	١٢ ٩٫٨٨	٢٫٨٦٣٢٥	١٤١٠	٣٠	٥٩٫٦	٣٫١٠٠٢٤	٢٠٨٩
٨٤ ٠٠	٢٩٫٨٠	٢٫٧٠٧٤٠	١٠٤٧	٢٠	٣٣٫٩٧	٢٫٨٧٧٣٥	١٤٤٧	٤٠	٢٢ ١٫٧	٣٫١٢١١٣	٢١٥٥
١٠	٤٢٫٢٤	٢٫٧١٧٨٧	١٠٦٩	٣٠	٥٩٫٥١	٢٫٨٩١٨٢	١٤٨٤	٥٠	٢٣ ٨٫٩	٣٫١٤٢٦٨	٢٢٢١
٢٠	٥٥٫٢٥	٢٫٧٢٨٥٦	١٠٩٢	٤٠	١٣ ٢٦٫٦١	٢٫٩٠٦٦٦	١٥٢٣	٨٩ ٠٠	٢٤ ٢١٫٨	٣٫١٦٤٨٩	٢٢٩٠
٣٠	٩ ٨٫٨٨	٢٫٧٣٩٤٣	١١١٥	٥٠	٥٥٫٤٠	٢٫٩٢١٨٩	١٥٦٥	١٠	٢٥ ٤٠٫٩	٣٫١٨٧٧٩	٢٣٦١
٤٠	٢٣٫١٦	٢٫٧٥٠٦٣	١١٣٩	٨٧ ٠٠	١٤ ٢٦٫٠٤	٢٫٩٣٧٥٤	١٦٠٨	٢٠	٢٧ ٧٫١	٣٫٢١١٤٠	٢٤٣٤
٥٠	٣٨٫١٢	٢٫٧٦٢٠٢	١١٦٥	١٠	٥٨٫٧١	٢٫٩٥٣٦٢	١٦٥٤	٣٠	٢٨ ٤٠٫٨	٣٫٢٣٥٧٤	٢٥٠٩
٨٥ ٠٠	٥٣٫٨٤	٢٫٧٧٣٦٧	١١٩١	٢٠	١٥ ٣٣٫٦٠	٢٫٩٧٠١٦	١٧٠١	٤٠	٣٠ ٢٣٫٢	٣٫٢٦٠٨٣	٢٥٨٤
١٠	١٠ ١٠٫٣٥	٢٫٧٨٥٥٨	١٢١٩	٣٠	١٦ ١٠٫٨٩	٢٫٩٨٧١٧	١٧٤٩	٥٠	٣٢ ١٥٫٠	٣٫٢٨٦٦٧	٢٦٦٧
٢٠	٢٧٫٧٣	٢٫٧٩٧٧٧	١٢٤٨	٤٠	٥٠٫٠٨	٣٫٠٠٤٦٦	١٨٠١	°٩٠	٣٤ ١٧٫٥	٣٫٣١٣٣٤	
٣٠	٤٦٫٠٣	٢٫٨١٠٢٥	١٢٧٧	٥٠	١٧ ٣٣٫٦	٣٫٠٢٢٦٧	١٨٥٥				
٤٠	١١ ٥٫٣٠	٢٫٨٢٣٠٢	١٣٠٩	٨٨ ٠٠	١٨ ١٩٫٦	٣٫٠٤١٢٢	١٩٠٩				

الجدول السادس

للانكسار. اصلاح للبارومتر والترمومتر

ترمومتر				بارومتر	
	نسب		نسب		نسب
°٨٠	٩٫٩٧٢٣٧	°٥٠		٣١٫٠	٠٫٠١٤٢٤
٧٩	٩٫٩٧٣٣٦	٤٩	٠٫٠٠٠٩٤	٣٠٫٩	٠٫٠١٣٤٨
٧٨	٩٫٩٧٤١٦	٤٨	٠٫٠٠١٩٠	٨	٠٫٠١١٤٣
٧٧	٩٫٩٧٥٠٦	٤٧	٠٫٠٠٢٨٥	٧	٠٫٠١٠٠٢
٧٦	٩٫٩٧٥٩٦	٤٦	٠٫٠٠٣٨٠	٦	٠٫٠٠٨٦٠
٧٥	٩٫٩٧٦٨٦	٤٥	٠٫٠٠٤٧٦	٥	٠٫٠٠٧١٨
٧٤	٩٫٩٧٧٧٧	٤٤	٠٫٠٠٥٧٢	٤	٠٫٠٠٥٧٥
٧٣	٩٫٩٧٨٦٧	٤٣	٠٫٠٠٦٦٨	٣	٠٫٠٠٤٣٢
٧٢	٩٫٩٧٩٥٨	٤٢	٠٫٠٠٧٦٤	٢	٠٫٠٠٢٨٩
٧١	٩٫٩٨٠٤٩	٤١	٠٫٠٠٨٦١	١	٠٫٠٠١٤٥
٧٠	٩٫٩٨١٤٠	٤٠	٠٫٠٠٩٥٧	٣٠٫٠	٠٫٠٠٠٠٠
٦٩	٩٫٩٨٢٣١	٣٩	٠٫٠١٠٥٣	٢٩٫٩	٩٫٩٩٨٥٥
٦٨	٩٫٩٨٣٢٣	٣٨	٠٫٠١١٥١	٨	٩٫٩٩٧٠٩
٦٧	٩٫٩٨٤١٤	٣٧	٠٫٠١٢٤٨	٧	٩٫٩٩٥٦٣
٦٦	٩٫٩٨٥٠٦	٣٦	٠٫٠١٣٤٦	٦	٩٫٩٩٤١٧
٦٥	٩٫٩٨٥٩٨	٣٥	٠٫٠١٤٤٤	٥	٩٫٩٩٢٧٠
٦٤	٩٫٩٨٦٩٠	٣٤	٠٫٠١٥٤١	٤	٩٫٩٩١٢٣
٦٣	٩٫٩٨٧٨٣	٣٣	٠٫٠١٦٤٠	٣	٩٫٩٨٩٧٥
٦٢	٩٫٩٨٨٧٥	٣٢	٠٫٠١٧٣٨	٢	٩٫٩٨٨٢٦
٦١	٩٫٩٨٩٦٩	٣١	٠٫٠١٨٣٧	١	٩٫٩٨٦٧٧
٦٠	٩٫٩٩٠٦١	٣٠	٠٫٠١٩٣٥	٢٩٫٠	٩٫٩٨٥٢٨
٥٩	٩٫٩٩١٥٤	٢٩	٠٫٠٢٠٣٣	٢٨٫٩	٩٫٩٨٣٧٨
٥٨	٩٫٩٩٢٤٨	٢٨	٠٫٠٢١٣٣	٨	٩٫٩٨٢٢٧
٥٧	٩٫٩٩٣٤١	٢٧	٠٫٠٢٢٣٢	٧	٩٫٩٨٠٧٦
٥٦	٩٫٩٩٤٣٤	٢٦	٠٫٠٢٣٣١	٦	٩٫٩٧٩٢٤
٥٥	٩٫٩٩٥٢٩	٢٥	٠٫٠٢٤٣٢	٥	٩٫٩٧٧٧٢
٥٤	٩٫٩٩٦٢٢	٢٤	٠٫٠٢٥٣١	٤	٩٫٩٧٦٢٠
٥٣	٩٫٩٩٧١٧	٢٣	٠٫٠٢٦٣٠	٣	٩٫٩٧٤٦٦
٥٢	٩٫٩٩٨١١	٢٢	٠٫٠٢٧٣٠	٢	٩٫٩٧٣١٣
٥١	٩٫٩٩٩٠٦	٢١	٠٫٠٢٨٣٢	١	٩٫٩٧١٥٨
٥٠	٠٫٠٠٠٠٠	٢٠	٠٫٠٢٩٣٣	٢٨٫٠	٩٫٩٧٠٠٤

الجدول السابع

لاصلاح الانكسار بالقرب من الافق لاختلاف البارومتر والترمومتر

بعد سمتي	ترمومتر T	بارومتر B	بعد سمتي	ترمومتر T	بارومتر B
٧٥° ٠٠′	−٠°٠٠٩″	.	٨٦° ٣٠′	−٠°٣١٧	+٠°٥١
٧٦	٠°٠١٢		٤٠	٠°٣٤٥	٠°٥٦
٧٧	٠°٠١٥		٥٠	٠°٣٧٦	٠°٦٣
٧٨	٠°٠١٨		٨٧ ٠٠	٠°٤١٠	٠°٦٨
٧٩	٠°٠٢٢		١٠	٠°٤٤٨	٠°٧٥
٨٠ ٠	٠°٠٣٠	+٠°٠٤″	٢٠	٠°٤٩٠	٠°٨٣
٨١ ٠	٠°٠٤٠	٠°٠٥	٣٠	٠°٥٣٨	٠°٩١
٨١ ٣٠	٠°٠٤٦	٠°٠٧	٤٠	٠°٥٩٣	١°٠١
٨٢ ٠٠	٠°٠٥٣	٠°٠٨	٥٠	٠°٦٥٤	١°١٣
٨٢ ٣٠	٠°٠٦٣	٠°١٠	٨٨ ٠٠	٠°٧٢٢	١°٢٦
٨٣ ٠٠	٠°٠٧٤	٠°١١	١٠	٠°٧٩٩	١°٤١
٨٣ ٣٠	٠°٠٨٩	٠°١٣	٢٠	٠°٨٨٧	١°٥٩
٨٤ ٠٠	٠°١٠٧	٠°١٦	٣٠	٠°٩٨٧	١°٧٩
٨٤ ٣٠	٠°١٣٠	٠°٢٠	٤٠	١°١٠١	٢°٠٢
٨٥ ٠٠	٠°١٥٩	٠°٢٥	٥٠	١°٢٣١	٢°٢٩
٨٥ ١٠	٠°١٧١	٠°٢٦	٨٩ ٠٠	١°٣٨٠	٢°٦١
٨٥ ٢٠	٠°١٨٤	٠°٢٨	١٠	١°٥٥١	٢°٩٨
٨٥ ٣٠	٠°١٩٨	٠°٣١	٢٠	١°٧٤٩	٣°٤١
٨٥ ٤٠	٠°٢١٣	٠°٣٣	٣٠	١°٩٧٧	٣°٩٣
٨٥ ٥٠	٠°٢٢٩	٠°٣٦	٤٠	٢°٢٤١	٤°٥٤
٨٦ ٠٠	٠°٢٤٨	٠°٣٩	٥٠	٢°٥٤٩	٥°٢٦
٨٦ ١٠	٠°٢٦٩	٠°٤٣	٩٠ ٠٠	−٢°٩٠٩	+٦°١٢
٨٦ ٢٠	−٠°٢٩٢	+٠°٤٧			

الاعداد في العمود T ينبغي ضربها في ($t - 50°$) وعمود B تُضرَب اعدادهُ في ($b - 30$ عقدة) ويُصلَح بالحاصل الانكسار المستعمل من الجدولين السابقين الاوّل والثاني

الجدول الثامن

جدول ايام في كسر عشري من سنة

٠		١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩
		٫٠٠٢٧	٫٠٠٥٤	٫٠٠٨٢	٫٠١٠٩	٫٠١٣٧	٫٠١٦٤	٫٠١٩١	٫٠٢١٩	٫٠٢٤٦
١٠	٫٠٢٧٤	٫٠٣٠١	٫٠٣٢٨	٫٠٣٥٦	٫٠٣٨٣	٫٠٤١١	٫٠٤٣٨	٫٠٤٦٥	٫٠٤٩٣	٫٠٥٢٠
٢٠	٫٠٥٤٨	٫٠٥٧٥	٫٠٦٠٣	٫٠٦٣٩	٫٠٦٥٧	٫٠٦٨٥	٫٠٧١٢	٫٠٧٣٩	٫٠٧٦٧	٫٠٧٩٤
٣٠	٫٠٨٢٢	٫٠٨٤٩	٫٠٨٧٦	٫٠٩٠٤	٫٠٩٣١	٫٠٩٥٩	٫٠٩٨٦	٫١٠١٣	٫١٠٤١	٫١٠٦٨
٤٠	٫١٠٩٦	٫١١٢٣	٫١١٥٠	٫١١٧٨	٫١٢٠٥	٫١٢٣٣	٫١٢٦٠	٫١٢٨٧	٫١٣١٥	٫١٣٤٢
٥٠	٫١٣٧٠	٫١٣٩٧	٫١٤٢٤	٫١٤٥٢	٫١٤٧٩	٫١٥٠٦	٫١٥٣٤	٫١٥٦١	٫١٥٨٩	٫١٦١٦
٦٠	٫١٦٤٤	٫١٦٧١	٫١٦٩٨	٫١٧٢٦	٫١٧٥٣	٫١٧٨١	٫١٨٠٨	٫١٨٣٥	٫١٨٦٣	٫١٨٩٠
٧٠	٫١٩١٨	٫١٩٤٥	٫١٩٧٢	٫٢٠٠٠	٫٢٠٢٧	٫٢٠٥٤	٫٢٠٨٢	٫٢١٠٩	٫٢١٣٧	٫٢١٦٤
٨٠	٫٢١٩٢	٫٢٢١٩	٫٢٢٤٦	٫٢٢٧٤	٫٢٣٠١	٫٢٣٢٩	٫٢٣٥٦	٫٢٣٨٣	٫٢٤١١	٫٢٤٣٨
٩٠	٫٢٤٦٦	٫٢٤٩٣	٫٢٥٢٠	٫٢٥٤٨	٫٢٥٧٥	٫٢٦٠٣	٫٢٦٣٠	٫٢٦٥٧	٫٢٦٨٧	٫٢٧١٢
١٠٠	٫٢٧٤٠	٫٢٧٦٧	٫٢٧٩٤	٫٢٨٢٢	٫٢٨٤٩	٫٢٨٧٦	٫٢٩٠٤	٫٢٩٣١	٫٢٩٥٩	٫٢٩٨٦
١١٠	٫٣٠١٣	٫٣٠٤١	٫٣٠٦٨	٫٣٠٩٦	٫٣١٢٣	٫٣١٥٠	٫٣١٧٨	٫٣٢٠٥	٫٣٢٣٣	٫٣٢٦٠
١٢٠	٫٣٢٨٧	٫٣٣١٥	٫٣٣٤٢	٫٣٣٧٠	٫٣٣٩٧	٫٣٤٢٤	٫٣٤٥٢	٫٣٤٧٩	٫٣٥٠٧	٫٣٥٣٤
١٣٠	٫٣٥٦١	٫٣٥٨٩	٫٣٦١٦	٫٣٦٤٤	٫٣٦٧١	٫٣٦٩٨	٫٣٧٢٦	٫٣٧٥٣	٫٣٧٨١	٫٣٨٠٨
١٤٠	٫٣٨٣٥	٫٣٨٦٣	٫٣٨٩٠	٫٣٩١٨	٫٣٩٤٥	٫٣٩٧٢	٫٤٠٠٠	٫٤٠٢٧	٫٤٠٥٤	٫٤٠٨٢
١٥٠	٫٤١٠٩	٫٤١٣٧	٫٤١٦٤	٫٤١٩٢	٫٤٢١٩	٫٤٢٤٦	٫٤٢٧٤	٫٤٣٠١	٫٤٣٢٩	٫٤٣٥٦
١٦٠	٫٤٣٨٣	٫٤٤١١	٫٤٤٣٨	٫٤٤٦٦	٫٤٤٩٣	٫٤٥٢٠	٫٤٥٤٨	٫٤٥٧٥	٫٤٦٠٣	٫٤٦٣٠
١٧٠	٫٤٦٥٧	٫٤٦٨٥	٫٤٧١٢	٫٤٧٤٠	٫٤٧٦٧	٫٤٧٩٤	٫٤٨٢٢	٫٤٨٤٩	٫٤٨٧٧	٫٤٩٠٤
١٨٠	٫٤٩٣١	٫٤٩٥٩	٫٤٩٨٦	٫٥٠١٣	٫٥٠٤١	٫٥٠٦٨	٫٥٠٩٦	٫٥١٢٣	٫٥١٥٠	٫٥١٧٨
١٩٠	٫٥٢٠٥	٫٥٢٣٣	٫٥٢٦٠	٫٥٢٨٧	٫٥٣١٥	٫٥٣٤٢	٫٥٣٧٠	٫٥٣٩٧	٫٥٤٢٤	٫٥٤٥٢
٢٠٠	٫٥٤٧٩	٫٥٥٠٧	٫٥٥٣٤	٫٥٥٦١	٫٥٥٨٩	٫٥٦١٦	٫٥٦٤٤	٫٥٦٧١	٫٥٦٩٨	٫٥٧٢٦
٢١٠	٫٥٧٥٣	٫٥٧٨١	٫٥٨٠٨	٫٥٨٣٥	٫٥٨٦٣	٫٥٨٩٠	٫٥٩١٨	٫٥٩٤٥	٫٥٩٧٢	٫٦٠٠٠
٢٢٠	٫٦٠٢٧	٫٦٠٥٥	٫٦٠٨٢	٫٦١٠٩	٫٦١٣٧	٫٦١٦٤	٫٦١٩٢	٫٦٢١٩	٫٦٢٤٦	٫٦٢٧٤
٢٣٠	٫٦٣٠١	٫٦٣٢٩	٫٦٣٥٦	٫٦٣٨٣	٫٦٤١١	٫٦٤٣٨	٫٦٤٦٦	٫٦٤٩٣	٫٦٥٢٠	٫٦٥٤٨
٢٤٠	٫٦٥٧٥	٫٦٦٠٣	٫٦٦٣٠	٫٦٦٥٧	٫٦٦٨٥	٫٦٧١٢	٫٦٧٤٠	٫٦٧٦٧	٫٦٧٩٤	٫٦٨٢٢
٢٥٠	٫٦٨٥٠	٫٦٨٧٧	٫٦٩٠٤	٫٦٩٣١	٫٦٩٥٩	٫٦٩٨٦	٫٧٠١٣	٫٧٠٤١	٫٧٠٦٨	٫٧٠٩٦
٢٦٠	٫٧١٢٣	٫٧١٥١	٫٧١٧٨	٫٧٢٠٥	٫٧٢٣٣	٫٧٢٦٠	٫٧٢٨٧	٫٧٣١٥	٫٧٣٤٢	٫٧٣٧٠
٢٧٠	٫٧٣٩٧	٫٧٤٢٤	٫٧٤٥٢	٫٧٤٧٩	٫٧٥٠٧	٫٧٥٣٤	٫٧٥٦١	٫٧٥٨٩	٫٧٦١٦	٫٧٦٤٤
٢٨٠	٫٧٦٧١	٫٧٦٩٨	٫٨٧٢٦	٫٧٧٥٣	٫٧٧٨١	٫٧٨٠٨	٫٧٨٣٥	٫٧٨٦٣	٫٧٨٩٠	٫٧٩١٨
٢٩٠	٫٧٩٤٥	٫٧٩٧٢	٫٨٠٠٠	٫٨٠٢٧	٫٨٠٥٥	٫٨٠٨٢	٫٨١٠٩	٫٨١٣٧	٫٨١٦٤	٫٨١٩٢
٣٠٠	٫٨٢١٩	٫٨٢٤٦	٫٨٢٧٤	٫٨٣٠١	٫٨٣٢٨	٫٨٣٥٦	٫٨٣٨٣	٫٨٤١١	٫٨٤٣٨	٫٨٤٦٦
٣١٠	٫٨٤٩٣	٫٨٥٢٠	٫٨٥٤٨	٫٨٥٧٥	٫٨٦٠٣	٫٨٦٣٠	٫٨٦٥٧	٫٨٦٨٥	٫٨٧١٢	٫٨٧٤٠
٣٢٠	٫٨٧٦٧	٫٨٧٩٤	٫٨٨٢٢	٫٨٨٤٩	٫٨٨٧٧	٫٨٩٠٤	٫٨٩٣١	٫٨٩٥٩	٫٨٩٨٦	٫٩٠١٣
٣٣٠	٫٩٠٤١	٫٩٠٦٨	٫٩٠٩٦	٫٩١٢٣	٫٩١٥٠	٫٩١٧٨	٫٩٢٠٥	٫٩٢٣٣	٫٩٢٦٠	٫٩٢٨٧
٣٤٠	٫٩٣١٥	٫٩٣٤٢	٫٩٣٧٠	٫٩٣٩٧	٫٩٤٢٤	٫٩٤٥٢	٫٩٤٧٩	٫٩٥٠٧	٫٩٥٣٤	٫٩٥٦١
٣٥٠	٫٩٥٨٩	٫٩٦١٦	٫٩٦٤٤	٫٩٦٧١	٫٩٦٩٨	٫٩٧٢٦	٫٩٧٥٣	٫٩٧٨١	٫٩٨٠٨	٫٩٨٣٥
٣٦٠	٫٩٨٦٣	٫٩٨٩٠	٫٩٩١٨	٫٩٩٤٥	٫٩٩٧٣	١٫٠٠٠٠				

الجدول التاسع

اختلاف الشمس

ارتفاع الشمس	اختلاف الشمس الافقي				
	″٨٫٨	″٨٫٧	″٨٫٩	″٨٫٥	″٨٫٤
٠°	٨٫٨٠	٨٫٧٠	٨٫٦٠	٨٫٥٠	٨٫٤٠
٥	٨٫٧٧	٨٫٦٧	٨٫٥٧	٨٫٤٧	٨٫٣٧
١٠	٨٫٦٧	٨٫٥٧	٨٫٤٧	٨٫٣٧	٨٫٢٧
١٥	٨٫٥٠	٨٫٤٠	٨٫٣١	٨٫٢١	٨٫١١
٢٠	٨٫٢٧	٨٫١٨	٨٫٠٨	٧٫٩٩	٧٫٨٩
٢٥	٧٫٩٨	٧٫٨٨	٧٫٧٩	٧٫٧٠	٧٫٦١
٣٠	٧٫٦٣	٧٫٥٣	٧٫٤٥	٧٫٣٦	٧٫٢٨
٣٥	٧٫٢١	٧٫١٣	٧٫٠٤	٦٫٩٦	٦٫٨٨
٤٠	٦٫٧٤	٦٫٦٦	٦٫٥٩	٦٫٥١	٦٫٤٤
٤٥	٦٫٢٣	٦٫١٥	٦٫٠٨	٦٫٠١	٥٫٩٤

ارتفاع الشمس	اختلاف الشمس الافقي				
	″٨٫٨	″٨٫٧	″٨٫٦	″٨٫٥	″٨٫٤
٤٥°	٦٫٢٣	٦٫١٥	٦٫٠٨	٦٫٠١	٥٫٩٤
٥٠	٥٫٦٦	٥٫٥٩	٥٫٥٣	٥٫٤٦	٥٫٤٠
٥٥	٥٫٠٥	٤٫٩٩	٤٫٩٣	٤٫٨٨	٤٫٨٢
٦٠	٤٫٤٠	٤٫٣٥	٤٫٣٠	٤٫٣٥	٤٫٣٠
٦٥	٣٫٧٣	٣٫٦٨	٣٫٦٣	٣٫٥٩	٣٫٥٥
٧٠	٣٫٠١	٢٫٩٨	٢٫٩٤	٢٫٩١	٢٫٨٧
٧٥	٢٫٣٨	٢٫٣٥	٢٫٣٣	٢٫٣٠	٢٫١٧
٨٠	١٫٥٣	١٫٥١	١٫٤٩	١٫٤٨	١٫٤٦
٨٥	٠٫٧٧	٠٫٧٦	٠٫٧٥	٠٫٧٤	٠٫٧٣
٩٠	٠٫٠٠	٠٫٠٠	٠٫٠٠	٠٫٠٠	٠٫٠٠

(١٠) ساعات، في كسر عشري من يوم

ساعات	يوم
١	٫٠٤١٦
٢	٫٠٨٣٣
٣	٫١٢٥٠
٤	٫١٦٦٦
٥	٫٢٠٨٣
٦	٫٢٥٠٠
٧	٫٢٩١٦
٨	٫٣٣٣٣
٩	٫٣٧٥٠
١٠	٫٤١٦٦
١١	٫٤٥٨٣
١٢	٫٥٠٠٠
١٣	٫٥٤١٦
١٤	٫٥٨٣٣
١٥	٫٦٢٤٩
١٦	٫٦٦٦٦
١٧	٫٧٠٨٣
١٨	٫٧٥٠٠
١٩	٫٧٩١٦
٢٠	٫٨٣٣٣
٢١	٫٨٧٤٩
٢٢	٫٩١٦٦
٢٣	٫٩٥٨٣
٢٤	١٫٠٠٠٠

(١١) دقائق في كسر عشري من يوم

دقائق	يوم	دقائق	يوم
١	٫٠٠٠٦	٣١	٫٠٢١٥
٢	٫٠٠١٣	٣٢	٫٠٢٢٢
٣	٫٠٠٢٠	٣٣	٫٠٢٢٩
٤	٫٠٠٢٧	٣٤	٫٠٢٣٦
٥	٫٠٠٣٤	٣٥	٫٠٢٤٣
٦	٫٠٠٤١	٣٦	٫٠٢٥٠
٧	٫٠٠٤٨	٣٧	٫٠٢٥٦
٨	٫٠٠٥٥	٣٨	٫٠٢٦٣
٩	٫٠٠٦٢	٣٩	٫٠٢٧٠
١٠	٫٠٠٦٩	٤٠	٫٠٢٧٧
١١	٫٠٠٧٦	٤١	٫٠٢٨٤
١٢	٫٠٠٨٣	٤٢	٫٠٢٩١
١٣	٫٠٠٩٠	٤٣	٫٠٢٩٨
١٤	٫٠٠٩٧	٤٤	٫٠٣٠٥
١٥	٫٠١٠٤	٤٥	٫٠٣١٢
١٦	٫٠١١١	٤٦	٫٠٣١٩
١٧	٫٠١١٨	٤٧	٫٠٣٢٦
١٨	٫٠١٢٥	٤٨	٫٠٣٣٣
١٩	٫٠١٣١	٤٩	٫٠٣٤٠
٢٠	٫٠١٣٨	٥٠	٫٠٣٤٧
٢١	٫٠١٤٥	٥١	٫٠٣٥٤
٢٢	٫٠١٥٢	٥٢	٫٠٣٦١
٢٣	٫٠١٥٩	٥٣	٫٠٣٦٨
٢٤	٫٠١٦٦	٥٤	٫٠٣٧٥
٢٥	٫٠١٧٣	٥٥	٫٠٣٨١
٢٦	٫٠١٨٠	٥٦	٫٠٣٨٨
٢٧	٫٠١٨٧	٥٧	٫٠٣٩٥
٢٨	٫٠١٩٤	٥٨	٫٠٤٠٢
٢٩	٫٠٢٠١	٥٩	٫٠٤٠٩
٣٠	٫٠٢٠٨	٦٠	٫٠٤١٦

الجدول الثاني عشر

يوم السنة الموافق اي يوم من اي شهرٍ كان

	٥	١٠	١٥	٢٠	٢٥	٣٠
كانون الثاني	٥	١٠	١٥	٢٠	٢٥	٣٠
شباط	٣٥	٤١	٤٦	٥١	٥٦	
اذار	٦٤	٦٩	٧٤	٧٩	٨٤	٨٩
نيسان	٩٥	١٠٠	١٠٥	١١٠	١١٥	١٢٠
ايار	١٢٥	١٣٠	١٣٥	١٤٠	١٤٥	١٥٠
حزيران	١٥٦	١٦١	١٦٦	١٧١	١٧٦	١٨١
تموز	١٨٦	١٩١	١٩٦	٢٠١	٢٠٦	٢١١
آب	٢١٧	٢٢٢	٢٢٧	٢٣٢	٢٣٧	٢٤٢
ايلول	٢٤٨	٢٥٣	٢٥٨	٢٦٣	٢٦٨	٢٧٣
تشرين الاوّل	٢٧٨	٢٨٣	٢٨٨	٢٩٣	٢٩٨	٣٠٣
تشرين الثاني	٣٠٩	٣١٤	٣١٩	٣٢٤	٣٢٩	٣٣٤
كانون الاوّل	٣٣٩	٣٤٤	٣٤٩	٣٥٤	٣٥٩	٣٦٤

تنبيهٌ . اذا كانت السنة كبيسة يُزَاد يوم من اوّل اذار فصاعدًا

انتهى

والحمد لله دائمًا

وكان الفراغ من طبعهِ لثلاث بقين من شهر آب سنة ١٨٧٤

5292/

5/A